Herrn Geh. Reg. Rath Prof. Dr. Frhr. v. d. Goltz
in dankbarster Ergebenheit
mit bestem Grusse
Pf.

Forschungen

über

die zweckmässige Behandlung des Stallmistes,

ausgeführt

auf Veranlassung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft,
Dünger- (Kainit-) Abteilung

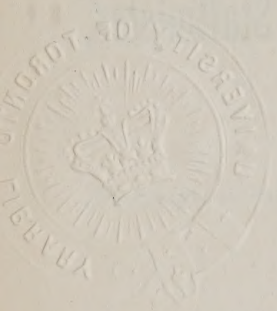
von

Dietzell-Augsburg, **Pfeiffer**-Jena, **Wagner**-Darmstadt.

Mit 2 Tafeln und 1 Abbildung.

BERLIN.
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., Hedemannstrasse 10.
1897.

Agric-
Soil
D



Sonderabdruck aus: „Landw. Versuchs-Stationen“ Bd. XLVIII.

Versuche über die Konservierung des Stallmistes.

Ausgeführt von

Dr. B. E. DIETZELL.

Von den in den nachfolgenden Tabellen näher bezeichneten Versuchsmischungen wurde eine jede in eine ungefähr 12 l fassende Flasche verbracht, die Mittelprobe genommen und das Gewicht der nach der Probenahme verbleibenden Versuchssubstanz ermittelt. Jede Flasche wurde mit einem Gummistopfen versehen, durch welchen zwei gut schliessende Röhren gingen, von denen die eine bis an den Boden des Gefässes reichte, während die andere unter dem Stopfen endigte. Letztere stand mit einem Apparat in Verbindung, der Schwefelsäure enthielt, um das in den Entwicklungsgasen etwa vorhandene Ammoniak aufzufangen. Die bis auf den Boden reichende Röhre war ebenfalls mit einem Apparat verbunden, der Schwefelsäure enthielt, um aus der nachfliessenden atmosphärischen Luft einen etwaigen Ammoniakgehalt zu entfernen. Die so eingerichteten Versuchsapparate standen in einem eigenen Zimmer, dessen niedrigste Temperatur innerhalb der Versuchsdauer 10.5 ° C. und dessen höchste 25.0 ° C. war.

Beim Abschluss einer Versuchsperiode wurde das Gewicht jeder Versuchssubstanz wieder bestimmt und in gehöriger Weise die Mittelproben zu den verschiedenen analytischen Bestimmungen genommen. Nach der Entnahme der verschiedenen Mittelproben wurde das Gewicht jeder Versuchssubstanz wieder bestimmt und die Versuche wie oben fortgesetzt. Die zu den Versuchen verwandten Konservierungsmittel enthielten:

Gips	97.1 %	schwefelsauren Kalk,
Kainit	12.8 „	Kali,
Präcipitat: an Phosphorsäure	15.5 „	lösliche nach WAGNER,
	32.0 „	wasserlösliche,
	3.2 „	schwefelsauren Kalk,
Doppelsuperphosphat: an Phosphorsäure	38.5 „	wasserlösliche,
	40.2 „	lösliche nach WAGNER,
	44.8 „	Gesamt.

Weitere Angaben über Ausführung der Versuche und die hierbei erhaltenen Resultate dürften aus den nachstehenden Tabellen ersichtlich sein.

Tabelle I.

Versuche mit Rinderkot, Häcksel und verschiedenen

	1	2	3	4	5	6	7
	Die zu den Versuchen gewählten Substanzen und die Quantitäten, in denen sie gemischt wurden.	Versuchsdauer	Absolutes Gewicht der Versuchssubstanzen in g	In der Versuchssubstanz enthaltener Stickstoff in %	Gesamtmenge des in der Versuchssubstanz enthaltenen Stickstoffs in g	In der Versuchssubstanz enthaltener Ammoniakstickstoff in %	Gesamtmenge des in der Versuchssubstanz enthaltenen Ammoniakstickstoffs in g
Versuch I	Frisch aufgefangener Rinderkot plus 10 % Häcksel von $^1/_2$—1 cm Länge	am 5. Juli 1893	1565.5	0.345	5.401	—	—
		am 30. Jan. 1894	1561.0	0.320	4.995	0.075	1.171
Versuch II	Kot und Häcksel wie bei Versuch I plus 2 % Kainit	am 5. Juli 1893	1653.0	0.338	5.587	—	—
		am 30. Jan. 1894	1646.0	0.319	5.251	0.064	1.053
Versuch III	Kot und Häcksel wie bei Versuch I plus 3 % Gips	am 5. Juli 1893	1474.0	0.326	4.805	—	—
		am 30. Jan. 1894	1467.0	0.316	4.636	0.052	0.763
Versuch IV	Kot und Häcksel wie bei Versuch I plus 0.38 % wssl.[1]) P_2O_5 i. d. Form von Doppelsuperphosphat	am 5. Juli 1893	1966.0	0.343	6,743	—	—
		am 30. Jan. 1894	1964.5	0.325	6.385	0.057	1.120
Versuch V	Kot und Häcksel wie bei Versuch I plus 0.23 % wgl.[2]) P_2O_5 (=0.48 % Ges.-P_2O_5) i. d. Form von Präcipitat	am 5. Juli 1893	1921.0	0.341	6.551	—	—
		am 30. Jan. 1894	1914.0	0.326	6.240	0.068	1.302

In den Vorlagen befand sich kein Ammoniak. — In den Versuchssubstanzen wurde beim Beginn und am Ende der Versuchsperiode keine salpetrige Säure und keine Salpetersäure nachgewiesen.

[1]) Wasserlöslich. [2]) Löslich nach der Wagnerschen Citratmethode.

Tabelle I.

Konservierungsmitteln ohne Durchleiten von Luft.

8	9	10	11	12	13	14	15
In der Versuchssubstanz vorhandener ammoniakfreier organ. Stickstoff in g	Vom vorhanden gewesenen Stickstoff in organischer Verbindung setzte sich um in Ammoniakstickstoff in %	Quantität des während der Versuchsdauer aus dem gebundenen in den elementaren Zustand übergegangenen Stickstoffs in g	Verlust an Stickstoff in % des vorhanden gewesenen organischen ammoniakfreien Stickstoffs	Verhältnis zwischen dem während der Versuchsdauer gebildeten Ammoniak und dem verloren gegang. Stickstoff. Amm. = 100 gesetzt, beträgt der freigewordene Stickstoff	Trockensubstanz in %	Gesamtmenge der Trockensubstanz	100 Teile der ursprünglichen Trockensubstanz verloren an Trockensubstanz Teile
—	—	—	—	—	21.26	332.83	—
3.824	21.68	0.406	7.52	34.67	21.10	329.37	1.04
—	—	—	—	—	22.95	379.36	—
4.198	18.85	0.336	6.01	31.90	22.83	375.78	0.95
—	—	—	—	—	23.84	350.81	—
3.873	15.88	0.169	3.52	22.15	22.41	328.75	6.29
—	—	—	—	—	20.49	—	—
5.265	16.61	0.358	5.31	31.96	22.01	—	—
—	—	—	—	—	22.17	425.89	—
6.240	19.87	0.311	4.74	23.88	21.04	402.71	5.44

Anhang zu Tabelle I. Am 5. Juni 1894 wurden die in dieser Tabelle bezeichneten Versuchssubstanzen wieder untersucht, ohne dass ein erwähnenswerter Verlust an Stickstoff und organischer Substanz festgestellt werden konnte (siehe s. Z. die Belege).

Tabelle II.

Versuche mit Rinderkot, Häcksel und verschiedenen Konser-

	1	2	3	4	5	6	7
	Die zu den Versuchen gewählten Substanzen und die Quantitäten, in denen dieselben gemischt wurden.	Versuchsdauer	Absolutes Gewicht der Versuchssubstanzen in g	In der Versuchssubstanz enthaltener Stickstoff in %	Gesamtmenge des in der Versuchssubstanz enthaltenen Stickstoffs in g	In der Versuchssubstanz enthaltener Ammoniakstickstoff in %	Gesamtmenge des in der Versuchssubstanz enthaltenen Ammoniakstickstoffs in g
Versuch I	Frisch aufgefangener Rinderkot plus 10 % Häcksel von $^1/_2$—1 cm Länge	am 5. Juli 1893	1817.0	0.345	6.269	—	—
		am 30. Jan. 1894	1722.0	0.331	5.700	0.012	0.207
Versuch II	Kot und Häcksel wie bei Versuch I plus 2 % Kainit	am 5. Juli 1893	1760.5	0.337	5.933	—	—
		am 30. Jan. 1894	1697.0	0.357	6.058	0.006	0.102
Versuch III	Kot und Häcksel wie bei Versuch I plus 3 % Gips	am 5. Juli 1893	2491.0	0.330	8.221	—	—
		am 30. Jan. 1894	2347.0	0.358	8.402	0.017	0.399
Versuch IV	Kot und Häcksel wie bei Versuch I plus 0.38 % wssl. P_2O_5 i. d. Form von Doppelsuperphosphat	am 5. Juli 1893	2062.0	0.343	7.073	—	—
		am 30. Jan. 1894	1869.0	0.358	6.691	0.012	0.224
Versuch V	Kot und Häcksel wie bei Versuch I plus 23 % wgl. P_2O_5 (= 0.48 % Ges.-P_2O_5) i. d. Form von Präcipitat	am 5. Juli 1893	2365.5	0.341	8.066	—	—
		am 30. Jan. 1894	2184.0	0.344	7.513	0.023	0.502

In den Vorlagen wurde kein Ammoniak gefunden.

In den Versuchssubstanzen war beim Beginn und am Ende der Versuchs-

Tabelle II.

vierungsmitteln unter fortwährendem Durchleiten von Luft.

8	9	10	11	12	13	14	15
In der Versuchssubstanz vorhandener ammoniakfreier organ. Stickstoff in g	Vom vorhanden gewesenen Stickstoff in organischer Verbindung setzte sich um in Ammoniakstickstoff in %	Quantität des während der Versuchsdauer aus dem gebundenen in den elementaren Zustand übergegangenen Stickstoffs in g	Verlust an Stickstoff in % des vorhanden gewesenen organischen ammoniakfreien Stickstoffs	Verhältnis zwischen dem während der Versuchsdauer gebildeten Ammoniak und dem verloren gegang. Stickstoff. Anm. = 100 gesetzt, beträgt der freigewordene Stickstoff	Trockensubstanz in %	Gesamtmenge der Trockensubstanz	100 Teile von der ursprünglichen Trockensubstanz verloren an Trockensubstanz Teile
—	—	—	—	—	21.26	386.29	—
5.493	3.30	0.569	9.08	274.88	12.13	208.88	45.93
—	—	—	—	—	22.43	394.88	—
5.956	1.72	0	0	0	16.02	271.86	31.15
—	—	—	—	—	23.84	593.85	—
8.003	4.85	0	0	0	15.98	375.05	37.85
—	—	—	—	—	20.49	422.50	—
6.467	3.17	0.382	5.40	170.54	13.68	255.68	39.49
—	—	—	—	—	22.17	524.43	—
7.011	6.22	0 553	6.85	110.16	14.15	309.04	41.07

perioden keine salpetrige Säure und keine Salpetersäure vorhanden.

Tabelle III.

Versuche mit Rinderkot, Häcksel und verschiedenen Konser-

	1	2	3	4	5	6	7
	Die für die Versuche gewählten Substanzen und die Quantitäten, in denen dieselben gemischt wurden.	Versuchsdauer	Absolutes Gewicht der Versuchssubstanzen in g	In der Versuchssubtanz enthaltener Stickstoff in %	Gesamtmenge des in der Versuchssubstanz enthaltenen Stickstoffs in g	In der Versuchssubstanz enthaltener Ammoniakstickstoff in %	Gesamtmenge des in der Versuchssubstanz enthaltenen Ammoniakstickstoffs in g
Versuch I	Frisch aufgefangener Rinderkot plus 10 % Häcksel von $^1/_2$ bis 1 cm Länge	am 30. Jan. 1894	1598.7	0.331	5 292	0.012	0.192
		am 27. Dez. 1894	1580.0	0.308	4.866	0.002	0.032
Versuch II	Kot und Häcksel wie bei Versuch I plus 2 % Kainit	am 30. Jan. 1894	1509.9	0.357	5.390	0.006	0.091
		am 27. Dez. 1894	1473.5	0.348	5.128	0.001	0.015
Versuch III	Kot und Häcksel wie bei Versuch I plus 3 % Gips	am 30. Jan. 1894	2182.8	0.358	7.814	0.017	0.371
		am 27. Dez. 1894	2162.5	0.337	7.288	0.000	0.000
Versuch IV	Kot und Häcksel wie bei Versuch I plus 0.38 % wssl. P_2O_5 i. d. Form von Doppelsuperphosphat	am 30. Jan. 1894	1699.2	0.358	6.083	0.012	0.204
		am 27. Dez. 1894	1670.5	0.334	5.579	0.001	0.017
Versuch V	Kot und Häcksel wie bei Versuch I plus 0.23 % wssl. P_2O_5 (= 0.48 % Ges.-P_2O_5) i. d. Form von Präcipitat	am 30. Jan. 1894	2068.2	0.344	7.155	0.023	0.476
		am 27. Dez. 1894	2044.0	0.325	6.643	0.000	0.000

In den Vorlagen hatten sich während der Versuchsdauer gebildet . . . .

In den Versuchssubstanzen wurde weder beim Beginn noch am Ende der

Tabelle III.

vierungsmitteln unter fortwährendem Durchleiten von Luft.

8	9	10	11	12	13	14
In der Versuchssubstanz vorhandener ammoniakfreier organ. Stickstoff in g	Vom vorhanden gewesenen Stickstoff in organischer Verbindung setzte sich um in Ammoniakstickstoff in %	Quantität des während der Versuchsdauer aus dem gebundenen in den elementaren Zustand übergegangenen Stickstoffs in g	Verlust an Stickstoff in % des vorhanden gewesenen organischen ammoniakfreien Stickstoffs	Trockensubstanz in %	Gesamtmenge der Trockensubstanz in g	100 Teile der ursprünglichen Trockensubstanzen verloren Teile
5.100	—	—	—	12.13	193.92	—
4.834	0.60	0.426	8.05	11.06	174.75	9.89
5.299	—	—	—	16.02	241.89	—
5.113	0.28	0.262	4.86	14.50	213.66	11.67
7.443	—	—	—	15.98	347.07	—
7.288	0.00	0.526	6.73	14.78	319.62	7.91
5.879	—	—	—	13.68	232.45	—
5.562	0.28	0.504	8.29	12.29	205.30	11.68
6.679	—	—	—	14.15	292.65	—
6.643	0.00	0.512	7.16	12.83	262.25	10.39

bei Versuch I 0.0005 g Ammoniakstickstoff.
„ „ II 0.0192 „ „
„ „ III 0.0046 „ „
„ „ IV 0.0080 „ „
„ „ V 0.0000 „ „

Versuchsperiode salpetrige Säure oder Salpetersäure gefunden.

Aus der Tabelle I ist zu schliessen, dass der nur aus Kot und Einstreu bestehende Stallmist bei hinreichender Feuchtigkeit und bei genügendem Abschluss der Luft vor grösseren Verlusten sowohl an Stickstoff als auch an organischer Substanz selbst (wie Anhang zu Tabelle I zeigt) bei einer Aufbewahrungsdauer von 1 Jahr genügend geschützt ist.

Die Ammoniakproduktion schwankt von 15.88—21.68%.

Aus den Tabellen II und III ist folgendes ersichtlich:

Stickstoffverlust vom 5. Juli 1893 bis 30. Januar 1894:

bei Versuch I $9.08 + 8.05 = 17.13$ %,
„ „ II $0 + 4.86 = 4.86$ „
„ „ III $0 + 6.73 = 6.73$ „
„ „ IV $5.40 + 8.29 = 13.69$ „
„ „ V $6.85 + 7.16 = 14.01$ „ .

Tabelle IV.

Versuche mit Rinderharn und Häcksel

	1	2	3	4	5	6	7	8
	Die zu den Versuchen gewählten Substanzen und die Quantitäten, in denen sie gemischt wurden.	Versuchsdauer	Absolutes Gewicht der Versuchssubstanzen in g	In der Versuchssubstanz enthaltener Stickstoff in %	Gesamtmenge des in der Versuchssubstanz enthaltenen Stickstoffs in g	In der Versuchssubstanz enthaltener Ammoniakstickstoff in %	Gesamtmenge des in der Versuchssubstanz enthaltenen Ammoniakstickstoffs in g	Gesamtmenge des in den Vorlagen während der Versuchsdauer gebildeten Ammoniakstickstoffs in g
Versuch I	1219 g frisch aufgefangener Kuhharn + 376 g Häcksel von $^1/_2$—1 cm Länge	am 9. Juli 1894	1595.0	0.765	12.209	0.028	0.341	—
		am 3. Jan. 1895	1587.0	0.790	12.537	0.606	9.617	0

Der Rinderharn wurde mit Rinderkot geimpft. — In der Versuchssubstanz wurde weder

Aus der Tabelle IV (Versuch mit Harn und Häcksel) geht hervor, dass der Stickstoff im Harn, wenn keine Durchlüftung stattfindet, sich nahezu in seiner ganzen Menge in Am-

Verlust an Trockensubstanz in derselben Zeit:

bei Versuch I 45.93 + 9.89 = 55.82 %,
„ „ II 31.15 + 11.67 = 42.82 „
„ „ III 37.85 + 7.91 = 45.76 „
„ „ IV 39.49 + 11.68 = 51.17 „
„ „ V 41.07 + 10.39 = 51.46 „ .

Ammoniakproduktion in derselben Zeit:

bei Versuch I 0.33 + 0.60 = 0.93 %,
„ „ II 0.17 + 0.28 = 0.45 „
„ „ III 0.49 + 0.00 = 0.49 „
„ „ IV 0.32 + 0.28 = 0.60 „
„ „ V 0.62 + 0.00 = 0.62 „ .

Die Ammoniakproduktion muss also als eine sehr minimale bezeichnet werden. Kainit und Gips haben am besten gewirkt zur Verminderung der Stickstoffverluste und (wenn auch in geringerem Masse) zur Erhaltung der organischen Substanz.

Tabelle IV.

ohne Durchleiten von Luft

9	10	11	12	13	14	15	16	17
Gesamtmenge des während der Versuchsdauer gebildeten Ammoniakstickstoffs in g	In der Versuchssubstanz vorhandener ammoniakfreier organischer Stickstoff in g	Vom vorhanden gewesenen Stickstoff in organischer Verbindung setzte sich um in Ammoniakstickstoff in %	Stickstoff in der Form von Ammoniak entwickelte sich in % des Harnstickstoffs	Quantität des während der Versuchsdauer aus dem gebund. in den elementaren Zustand übergegangenen Stickstoffs in g	Verlust an Stickstoff in % des vorhanden gewesenen organischen ammoniakfreien Stickstoffs	Trockensubstanz in %	Gesamtmenge der Trockensubstanz	100 Teile der ursprünglichen Trockensubstanz verloren an Trockensubstanz Teile
—	11.876	—	—	—	—	24.84	396.26	—
9.276	3.241	78.77	93.92	0	0	22.49	356.92	9.93

beim Beginn noch am Ende der Versuchsperiode salpetrige Säure oder Salpetersäure gefunden.

moniak umsetzt, ohne einen Verlust infolge von Entbindung von freiem Stickstoff oder durch Verflüchtigung von Ammoniak zu erleiden.

Tabelle V.

Versuche mit Rinderharn, Häcksel und verschiedenen Konser-

Versuch	1 Die zu den Versuchen gewählten Substanzen und die Quantitäten, in denen sie gemischt wurden.	2 Versuchsdauer	3 Absolutes Gewicht der Versuchssubstanzen in g	4 In der Versuchssubstanz enthaltener Stickstoff in %	5 Gesamtmenge des in der Versuchssubstanz enthaltenen Stickstoffs in g	6 In der Versuchssubstanz enthaltener Ammoniakstickstoff in %	7 Gesamtmenge des in der Versuchssubstanz enthaltenen Ammoniakstickstoffs in g	8 Während der Versuchsdauer in den Vorlagen gebildeter Ammoniakstickstoff in % des vorhanden gewesenen Stickstoffs	9 Gesamtmenge des i den Vorlagen während der Versuchsdauer gebild. Ammoniakstickstoffs in g
I	1170.2 g frisch aufgefangener Kuhharn + 388 g Häcksel von ½—1 cm Länge	am 9. Juli 1894	1558.2	0.755	11.863	0.021	0.328	—	—
		am 7. Jan. 1895	1482.8	0.585	8.674	0.389	5.768	11.04	1.310
II	1557.4 g Harn + 507.7 g Häcksel wie bei Versuch I + 30.4 g Kainit (d. s. 1.95 Teile Kainit auf 100 Teile Harn)	am 9. Juli 1894	2095.5	0.751	15.743	0.021	0.436	—	—
		am 7. Jan. 1895	2028.7	0.673	13.653	0.462	9.373	11.61	1.827
III	1452.3 g Harn + 486.0 g Häcksel wie bei Versuch I + 43.7 g Gips (d. s. 3.01 Teile Gips auf 100 Teile Harn)	am 9. Juli 1894	1982.0	0.744	14.746	0.021	0.407	—	—
		am 7. Jan. 1895	1918.0	0.751	14.404	0.573	10.990	4.56	0.672
IV	1519.3 g Harn + 506.6 g Häcksel + 15.0 g Doppelsuperphosphat (d. s. 0.38 Teile wssl. P_2O_5 auf 100 Teile Harn)	am 9. Juli 1894	2040.9	0.755	15.417	0.021	0.425	—	—
		am 7. Jan. 1895	1958.8	0.717	14.045	0.502	9.833	8.33	1.285
V	1784.5 g Harn + 589.1 g Häcksel + 26.2 g Präcipitat (d. s. 0.23 Teile wgl. P_2O_5 auf 100 Teile Harn)	am 9. Juli 1894	2399.8	0.753	18.077	0.021	0.500	—	—
		am 7. Jan. 1895	2341.9	0.775	18.150	0.570	13.349	2.39	0.432
VI	1390.47 g Harn + 459.4 g Häcksel + 4.13 g Schwefelsäure v. 66° Bé (d. s. 0.30 Teile H_2SO_4 auf 100 Teile Harn)	am 9. Juli 1894	1854.0	0.760	14.087	0.021	0.389	—	—
		am 7. Jan. 1895	1801.0	0.695	12.517	0.492	8.861	9.71	1.380

(Der Rinderharn wurde mit Rinderkot geimpft. In den Versuchssubstanzen war weder

Tabelle V.

vierungsmitteln unter fortwährendem Durchleiten von Luft.

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Gesamtmenge des während der Versuchsdauer gebildeten Ammoniakstickstoffs in g	In der Versuchssubstanz vorhandener ammoniakfreier organ. Stickstoff in g	Vom vorhanden gewesenen Stickstoff in organ. Verbindung setzte sich um in Ammoniakstickstoff in %	Stickstoff in der Form von Ammoniak entwickelte sich in % des Harnstickstoffs	Quantität des während der Versuchsdauer aus dem gebundenen in den elementaren Zustand übergegangenen Stickstoffs in g	Verlust an Stickstoff in % des vorhanden gewesenen organischen ammoniakfreien Stickstoffs	Verhältnis zwischen dem während der Versuchsdauer gebildeten Ammoniak und dem verloren gegangenen Stickstoff. Ammoniak = 100 gesetzt, beträgt der freigewordene Stickstoff	Trockensubstanz in %	Gesamtmenge der Trockensubstanz	Bei der Bestimmung der Trockensubstanz verflüchtigt sich Stickst. als Ammoniak in % der Versuchssubstanz
—	11.535	—	—	—	—	—	25.92	403.84	—
6.750	2.906	58.52	72.00	1.879	16.29	27.84	20.93	310.35	0.435
—	15.307	—	—	—	—	—	26.73	560.07	—
10.764	4.280	70.32	85.61	0.263	1.72	2.44	22.86	463.76	0.455
—	14.339	—	—	—	—	—	27.65	548.09	—
11.255	3.414	78.49	95.60	0	0	0	22.86	438.45	0.477
—	14.992	—	—	—	—	—	26.48	540.37	—
10.693	4.212	71.32	87.12	0.087	0.58	0.81	21.04	412.13	0.482
—	17.577	—	—	—	—	—	26.52	636.33	—
13.281	4.801	75.56	91.93	0	0	0	21.27	498.12	0.542
—	13.698	—	—	—	—	—	26.03	482.57	—
9.852	3.656	71.92	87.68	0.190	1.31	1.93	22.43	403.96	0.500

salpetrige Säure noch Salpetersäure vorhanden.)

Tabelle VI.

Versuche mit Rinderkot, Erde und verschiedenen Konser-

	1	2	3	4
	Die zu den Versuchen gewählten Substanzen und die Quantitäten, in denen dieselben gemischt wurden	Versuchs-dauer	Absolutes Gewicht der Versuchssubstanzen in g	In der Versuchssubstanz enthaltener Stickstoff in %
Versuch I	2000 g Rinderkot vermischt mit 3350 g gesiebter Erde	am 6. Juli 1893	4828.0	0.313
		am 30. Jan. 1894	4710.0	0.311
Versuch II	Kot und Erde wie bei Versuch I + 0.1 % wgl. P_2O_5 (= 0.21 % Ges.-P_2O_5) i. d. Form von Präcipitat	am 6. Juli 1893	4931.0	0.346
		am 30. Jan. 1894	4740.0	0.321
Versuch III	2000 g Kot + 2345 g Erde + 1005 g $CaCO_3$ (= 30 %) + 0.10 % wgl. P_2O_5) = (0.21 % Ges.-P_2O_5) i. d. Form von Präcipitat	am 6. Juli 1893	5040.0	0.275
		am 30. Jan. 1894	4812.0	0.268
Versuch IV	2000 g Kot + 3350 g Erde + 40 g Kainit (= 0.75 %)	am 6. Juli 1893	4889.0	0.324
		am 30. Jan. 1894	4739.0	0.303
Versuch V	2000 g Kot + 3350 g Erde + 60 g Gips (= 1.1 %)	am 6. Juli 1893	5154.0	0.334
		am 30. Jan. 1894	4895.0	0.310

In den Vorlagen wurde kein Ammoniak gefunden.

Tabelle VI.

vierungsmitteln unter fortwährendem Durchleiten von Luft.

5	6	7	8	9	10
Gesamtmenge des in der Versuchssubstanz enthaltenen Stickstoffs in g	In der Versuchssubstanz enthaltener Ammoniakstickstoff in %	Quantität des während der Versuchsdauer aus dem gebundenen in den elementaren Zustand übergegangen. Stickstoffs g	Verlust an Stickstoff in % des vorhanden gewesenen organischen ammoniakfr. Stickstoffs	Trockensubstanz in %	Gesamtmenge der Trockensubstanz
15.112	In der Versuchssubstanz wurden weder Ammoniak noch salpetrige Säure, noch Salpetersäure gefunden.	—	—	58.54	2826.31
14.648		0.464	3.07	56.29	2651.26
17.061		—	—	60.14	2965.50
15.215		1.846	10.08	57.18	2710.33
13.860		—	—	60.46	3047.18
12.896		0.964	6.95	60.12	2892.97
15.840		—	—	58.82	2875.71
14.359		1.481	9.35	57.89	2743.41
17.214		—	—	58.90	3035.71
15.175		2.039	11.84	58.86	2881.20

Tabelle VII.

Versuche mit Rinderkot, Erde und verschiedenen Konservierungsmitteln unter fortwährendem Durchleiten von Luft.

	1	2	3	4	5	6	7
	Die zu den Versuchen gewählten Substanzen und die Quantitäten, in in denen dieselben gemischt wurden.	Versuchsdauer	Absolutes Gewicht der Versuchssubstanzen in g	In der Versuchssubstanz enthaltener Stickstoff in %	Gesamtmenge des in der Versuchssubstanz enthaltenen Stickstoffs in g	Quantität des während der Versuchsdauer aus dem gebundenen in den elementaren Zustand übergegangenen Stickstoffs in g	Verlust an Stickstoff in % des vorhanden gewesenen organischen ammoniakfreien Stickstoffs
Versuch I	2000 g Rinderkot vermischt mit 3350 g gesiebter Erde	am 30. Jan. 1894	4475.6	0.311	13.919	—	—
		am 20. Dez. 1894	4440.5	0.307	13.622	0.297	2.13
Versuch II	Kot und Erde wie bei Vers. I + 0.1 % wgl. P_2O_5 (= 0.21 % Ges.-P_2O_5 i. d. Form von Präcipitat	am 30. Jan. 1894	4615.4	0.321	14.815	—	—
		am 20. Dez. 1894	4590.5	0.305	14.001	0.814	5.49
Versuch III	2000 g Kot + 2345 g Erde + 1005 g $CaCO_3$ (= 30 %) + 0.1 % wgl. P_2O_5 = (0.21 % Ges.-P_2O_5) i. d. Form von Präcipitat	am 30. Jan. 1894	3687.0	0.268	9.881	—	—
		am 20. Dez. 1894	3678.0	0.256	9.416	0.465	4.71
Versuch IV	2000 g Kot + 3350 g Erde + 40 g Kainit = (0.75 %)	am 30. Jan. 1894	4570.0	0.303	13.847	—	—
		am 20. Dez. 1894	4535.5	0.298	13.516	0.331	2.39
Versuch V	2000 g Kot + 3350 g Erde + 60 g Gips = (1.1 %)	am 30. Jan. 1894	4721.1	0.310	14.635	—	—
		am 20. Dez. 1894	4688.5	0.308	14.361	0.274	1.87

In den Vorlagen wurde kein Ammoniak gefunden. — In Versuch III wurden unbestimmbare Spuren von Salpetersäure nachgewiesen, in den übrigen Versuchen weder salpetrige Säure noch Salpetersäure.

Die in der Tabelle V aufgeführten Versuche (Rinderharn, Häcksel, Konservierungsmittel unter fortwährendem Durchleiten von Luft) zeigen, dass in Versuch I Häcksel und Kuhharn ohne Konservierungsmittel 16.29% in der Form von freiem Stickstoff verloren gingen, während die Konservierungsmittel denselben fast ganz vermieden.

Vor Verflüchtigung als Ammoniak wurde der Stickstoff am besten durch Präcipitat und dann auch durch Gips geschützt. Der Verlust an organischer Substanz darf als unbedeutend bezeichnet werden. Auch hier hat sich der Harnstickstoff bei den Versuchen mit Konservierungsmitteln fast seiner ganzen Menge nach in Ammoniak umgesetzt.

Zu den Tabellen VI und VII. Die zu diesen Versuchen verwandte Erde wurde aus dem Obergrund eines seit vielen Jahren absichtlich nicht gedüngten Beetes genommen. In den Versuchssubstanzen wurde weder beim Beginn noch am Ende der verschiedenen Versuchsperioden Ammoniak, salpetrige Säure oder Salpetersäure gefunden. Nur bei Versuch III (Erde + 30% kohlensaurer Kalk und Präcipitat) waren am 20. Dezember 1894 unbestimmbare Spuren von Salpetersäure vorhanden. Die Konservierungsmittel haben die Entbindung von freiem Stickstoff nicht verhindert, am besten in dieser Richtung wirkte Gips.

Aus den Versuchen mit Kot und Häcksel, sowie mit Harn und Häcksel geht hervor, dass der Verlust an Stickstoff und organischer Substanz vermieden wird, wenn keine Durchlüftung stattfinden kann.

Bei Durchlüftung haben die chemischen Konservierungsmittel zur Vermeidung des Stickstoffverlustes gute Dienste geleistet, mit Ausnahme des Präcipitats und des Doppelsuperphosphats beim Versuch mit Kot und Häcksel.

Die Ammoniakproduktion bei den Kotversuchen ist als eine geringe zu bezeichnen, während der Harnstickstoff bei den Versuchen mit Konservierungsmitteln nahezu ganz in Ammoniakstickstoff umgewandelt wurde. In Anbetracht der schweren Zersetzbarkeit des Kotstickstoffs und der leichteren des Harnstickstoffs dürfte sich zur Konservierung des Stallmistes empfehlen, für genügenden Ablauf des Harns aus dem Stall in die Jauche-

behälter Sorge zu tragen, den zurückbleibenden Mist auf der Düngerstätte durch die Tiere festtreten zu lassen oder nach Heinrichs Vorschlag zu pressen und in tiefer gelegenen Jauchebehältern die abgepresste Jauche aufzusammeln und lediglich durch Luftabschluss zu konservieren.

Über die Frage, welche Verluste erleidet der Stalldünger, nachdem er dem Boden einverleibt worden ist, sind Versuche im Gange.

Analytische Belege.

Bei jeder Stickstoffbestimmung wurden 20 ccm titrierte Schwefelsäure vorgelegt.

Tabelle I.

Beginn der Versuche am 5. Juli 1893.

Titer: 20 ccm Schwefelsäure = 0.146345 g N = 58.8 ccm Barytwasser.

Gesamt-Stickstoff:

Versuch:				Mittel:
I	7.5143 g Subst.	wurden zurücktitriert mit	48.40 ccm Baryt = 0.344 % N	0.345 %
	4.9087 „ „	„ „	51.95 „ „ = 0.346 „ „	
II	7.6474 „ „	„ „	48.4 „ „ = 0.337 „ „	0.338 „
	8.2178 „ „	„ „	47.6 „ „ = 0.338 „ „	
III	8.0601 „ „	„ „	48.3 „ „ = 0.324 „ „	0.326 „
	9.4740 „ „	„ „	46.3 „ „ = 0.327 „ „	
IV	4.5900 „ „	„ „	52.4 „ „ = 0.345 „ „	0.343 „
	6.2015 „ „	„ „	50.3 „ „ = 0.340 „ „	
V	7.3234 „ „	„ „	48.85 „ „ = 0.337 „ „	0.341 „
	7.0385 „ „	„ „	49.0 „ „ = 0.345 „ „	

Trockensubstanz:

				Mittel:
I	8.6074 g	Substanz enthielten Trockensubstanz	1.8270 g = 21.22 %	21.26 %
	8.8135 „	„ „	1.8775 „ = 21.29 „	
II	9.6250 „	„ „	2.1960 „ = 22.81 „	22.95 „
	9.6338 „	„ „	2.2238 „ = 23.08 „	
III	11.0090 „	„ „	2.6340 „ = 23.92 „	23.84 „
	8.0970 „	„ „	1.9220 „ = 23.75 „	
IV	10.5400 „	„ „	2.1550 „ = 20.45 „	20.49 „
	5.6660 „	„ „	1.1630 „ = 20.53 „	
V	7.4822 „	„ „	1.6622 „ = 22.22 „	22.17 „
	8.5075 „	„ „	1.8810 „ = 22.11 „	

Abschluss der Versuche am 30. Januar 1894.

Titer: 20 ccm Schwefelsäure = 0.128793 g N = 47.5 ccm Barytwasser.

Gesamt-Stickstoff:

Versuch:												Mittel:
I	2.8440 g	Subst.	wurden	zurücktitriert	mit	44.2	ccm	Baryt	= 0.315 %	N		0.320 %
	5.0340 „	„	„	„	„	41.5	„	„	= 0.324 „	„		
II	5.1285 „	„	„	„	„	41.5	„	„	= 0.318 „	„		0.319 „
	4.1755 „	„	„	„	„	42.6	„	„	= 0.319 „	„		
III	3.7100 „	„	„	„	„	43.2	„	„	= 0.315 „	„		0.316 „
	4.2950 „	„	„	„	„	42.5	„	„	= 0.316 „	„		
IV	5.6055 „	„	„	„	„	40.9	„	„	= 0.320 „	„		0.325 „
	4.9280 „	„	„	„	„	41.5	„	„	= 0.330 „	„		
V	3.7660 „	„	„	„	„	42.95	„	„	= 0.328 „	„		0.326 „
	3.1145 „	„	„	„	„	43.8	„	„	= 0.323 „	„		

Ammoniak-Stickstoff:

I	1.7421 g	Subst.	wurden	zurücktitriert	mit	47.0	ccm	Baryt	= 0.079 %	N	0.075 %
	1.98005 „	„	„	„	„	47.0	„	„	= 0.070 „	„	
II	1.8266 „	„	„	„	„	47.1	„	„	= 0.061 „	„	0.064 „
	1.6624 „	„	„	„	„	47.1	„	„	= 0.066 „	„	
III	2.15015 „	„	„	„	„	47.1	„	„	= 0.051 „	„	0.052 „
	2.1190 „	„	„	„	„	47.1	„	„	= 0.052 „	„	
IV	1.6553 „	„	„	„	„	47.2	„	„	= 0.051 „	„	0.057 „
	1.7441 „	„	„	„	„	47.1	„	„	= 0.063 „	„	
V	1.9708 „	„	„	„	„	47.0	„	„	= 0.070 „	„	0.068 „
	1.66805 „	„	„	„	„	47.1	„	„	= 0.066 „	„	

Trockensubstanz:

I	9.0900 g	Substanz	enthielten	Trockensubstanz	1.9290 g	= 21.22 %		21.10 %
	7.6265 „	„	„	„	1.5995 „	= 20.97 „		
II	6.6140 „	„	„	„	1.5140 „	= 22.89 „		22.83 „
	7.1845 „	„	„	„	1.6360 „	= 22.77 „		
III	5.5695 „	„	„	„	1.2545 „	= 22.52 „		22.41 „
	8.1670 „	„	„	„	1.8220 „	= 23.30 „		
IV	7.5860 „	„	„	„	1.6590 „	= 21.87 „		22.01 „
	8.6555 „	„	„	„	1.9170 „	= 22.15 „		
V	10.0030 „	„	„	„	2.0960 „	= 20.95 „		21.04 „
	8.6360 „	„	„	„	1.8240 „	= 21.12 „		

Tabelle II.

Beginn der Versuche am 5. Juli 1893.

Titer: 20 ccm Schwefelsäure = 0.146345 g N = 58.8 ccm Barytwasser.

Betr. Versuch I, IV, V vergleiche die entsprechenden Rubriken der Tabelle I, Beginn der Versuche.

Gesamt-Stickstoff:

Versuch:												Mittel:
II	6.6924 g	Subst.	wurden	zurücktitriert	mit	49.75	ccm	Baryt	= 0.336 %	N		0.337 %
	8.2152 „	„	„	„	„	47.6	„	„	= 0.338 „	„		
III	3.5717 „	„	„	„	„	54.0	„	„	= 0.332 „	„		0.330 „
	9.4740 „	„	„	„	„	46.3	„	„	= 0.327 „	„		

Trockensubstanz:

12.7963 g	Substanz enthielten Trockensubstanz	2.2662 g	= 22.31 %	Mittel:
8.2596 „	„ „ „	1.8620 „	= 22.55 „	22.43 %

Betr. der Trockensubstanz in Versuch III vergl. die entsprechende Rubrik der Tabelle I, Beginn der Versuche.

Abschluss der Versuche am 30. Januar 1894.

Titer: 20 ccm Schwefelsäure = 0.128793 g N = 47.5 ccm Barytwasser.

Gesamt-Stickstoff:

Versuch:										Mittel:
I	3.0170 g	Substanz	wurden	zurücktitriert	mit	43.75	ccm Baryt	= 0.338 %	N	0.331 %
	4.4450 „	„	„	„	„	42.2	„ „	= 0.324 „	„	
II	3.9455 „	„	„	„	„	42.3	„ „	= 0.358 „	„	0.357 „
	5.2615 „	„	„	„	„	40.6	„ „	= 0.356 „	„	
III	4.0830 „	„	„	„	„	42.1	„ „	= 0.356 „	„	0.358 „
	4.3350 „	„	„	„	„	41.75	„ „	= 0.360 „	„	
IV	3.4520 „	„	„	„	„	42.95	„ „	= 0.358 „	„	0.358 „
	5.4630 „	„	„	„	„	40.3	„ „	= 0.358 „	„	
V	4.0480 „	„	„	„	„	42.35	„ „	= 0.343 „	„	0.344 „
	3.6200 „	„	„	„	„	42.9	„ „	= 0.345 „	„	

Ammoniak-Stickstoff:

I	2.5000 g	Substanz	wurden	zurücktitriert	mit	47.4	ccm Baryt	= 0.0117 %	N.
II	2.5000 „	„	„	„	„	47.45	„ „	= 0.0062 „	„
III	2.5000 „	„	„	„	„	47.35	„ „	= 0.0171 „	„
IV	2.5000 „	„	„	„	„	47.4	„ „	= 0.0117 „	„
V	2.5000 „	„	„	„	„	47.3	„ „	= 0.0230 „	„

Trockensubstanz:

I	8.9600 g	Substanz	enthielten	Trockensubstanz	1.0800 g	= 12.05 %	12.13 %
	7.9100 „	„	„	„	0.9650 „	= 12.20 „	
II	6.4100 „	„	„	„	1.0235 „	= 15.96 „	16.02 „
	9.9955 „	„	„	„	1.6070 „	= 16.08 „	
III	8.9690 „	„	„	„	1.4340 „	= 15.98 „	15.98 „
	8.7525 „	„	„	„	1.3990 „	= 15.98 „	
IV	11.2650 „	„	„	„	1.5520 „	= 13.77 „	13.68 „
	11.2000 „	„	„	„	1.5210 „	= 13.58 „	
V	8.5120 „	„	„	„	1.2110 „	= 14.23 „	14.15 „
	8.7760 „	„	„	„	1.2350 „	= 14.07 „	

Tabelle III.

Beginn der Versuche am 30. Januar 1894.

Betr. Versuch I—V vergleiche in allen Rubriken Tabelle II, Abschluss der Versuche I—V.

Abschluss der Versuche am 27. Dezember 1894.

Titer: 20 ccm Schwefelsäure = 0.118073 g N = 47.4 ccm Barytwasser.

Gesamt-Stickstoff:

Versuch:												Mittel:
I	9.1100 g	Substanz	wurden	zurücktitriert	mit	36.15	ccm	Baryt	= 0.308	%	N	0.308 %
	13.6470 „	„	„	„	„	30.55	„	„	= 0.308	„	„	
II	12.0670 „	„	„	„	„	30.25	„	„	= 0.354	„	„	0.348 „
	8.3645 „	„	„	„	„	35.95	„	„	= 0.341	„	„	
III	11.4900 „	„	„	„	„	31.9	„	„	= 0.340	„	„	0.337 „
	12.7230 „	„	„	„	„	30.4	„	„	= 0.333	„	„	
IV	12.3925 „	„	„	„	„	30.9	„	„	= 0.332	„	„	0.334 „
	14.8030 „	„	„	„	„	27.5	„	„	= 0.335	„	„	
V	15.3520 „	„	„	„	„	27.5	„	„	= 0.323	„	„	0.325 „
	18.7940 „	„	„	„	„	22.8	„	„	= 0.326	„	„	

Ammoniak-Stickstoff:

I	10.2930 g	Substanz	wurden	zurücktitriert	mit	47.3	ccm	Baryt	= 0.0024	%	N.
II	12.1870 „	„	„	„	„	47.35	„	„	= 0.001	„	„
III	10.9120 „	„	„	„	„	47.4	„	„	= 0.000	„	„
IV	12.9380 „	„	„	„	„	47.35	„	„	= 0.001	„	„
V	10.7280 „	„	„	„	„	47.4	„	„	= 0.000	„	„

In den Vorlagen gebildeter Ammoniak-Stickstoff:

I	10 ccm	Säure	wurden	zurücktitriert	mit	23.5	ccm	Baryt	= 0.0005	g	N.
II	10 „	„	„	„	„	16.0	„	„	= 0.0192	„	„
III	10 „	„	„	„	„	21.85	„	„	= 0.0046	„	„
IV	10 „	„	„	„	„	20.5	„	„	= 0.0080	„	„
V	10 „	„	„	„	„	23.7	„	„	= 0.0000	„	„

Trockensubstanz:

I	14.0850 g	Substanz	enthielten	Trockensubstanz	1.5665 g	= 11.12	%	11.06 %
	12.1990 „	„	„	„	1.3420 „	= 11.00	„	
II	14.8680 „	„	„	„	2.1860 „	= 14.70	„	14.50 „
	14.8540 „	„	„	„	2.1250 „	= 14.30	„	
III	8.2180 „	„	„	„	1.2130 „	= 14.76	„	14.78 „
	9.8040 „	„	„	„	1.4510 „	= 14.80	„	
IV	15.3965 „	„	„	„	1.8820 „	= 12.22	„	12.29 „
	10.4670 „	„	„	„	1.2940 „	= 12.36	„	
V	17.4140 „	„	„	„	2.2220 „	= 12.76	„	12.83 „
	21.0045 „	„	„	„	2.7090 „	= 12.90	„	

Tabelle IV.

Beginn des Versuches am 9. Juli 1894.

Analysen der zu den Versuchsmischungen verwendeten Substanzen.

Titer: Vergleiche Tabelle III, Abschluss der Versuche am 27. Dezember 1894.

Gesamt-Stickstoff:

3.7885 g Häcksel wurden zurücktitriert mit 39.4 ccm Barytwasser = 0.526 % N } Mittel:
4.9105 „ „ „ „ „ 37.1 „ „ = 0.522 „ „ } 0.524 %
5.1300 „ Harn „ „ „ 29.85 „ „ = 0.850 „ „ } 0.840 „
5.1005 „ „ „ „ „ 30.7 „ „ = 0.830 „ „ }

Ammoniak-Stickstoff:

5.1095 g Harn wurden zurücktitriert mit 46.8 ccm Barytwasser = 0.029 % N }
5.0800 „ „ „ „ „ 46.9 „ „ = 0.025 „ „ } 0.028 %
5.0880 „ „ „ „ „ 46.8 „ „ = 0.029 „ „ }

Trockensubstanz:

6.1020 g Häcksel enthielten Trockensubstanz 5.2980 g = 86.82 % N }
9.1850 „ „ „ „ 7.9584 „ = 86.63 „ „ }
5.4240 „ „ „ „ 4.6956 „ = 86.57 „ „ } 86.68 %
4.6410 „ „ „ „ 4.0230 „ = 86.68 „ „ }
5.1335 „ Harn „ „ 0.2980 „ = 5.740 „ „ }
10 ccm Säure in der Vorlage wurden zurücktitriert mit 22.2 ccm Barytwasser . . . . = 0.073 „ „ }
5.813 % N }
5.0600 g Harn enthielten Trocksubstanz 0.2874 g = 5.650 „ „ } 5.77 %
10 ccm Säure in der Vorlage wurden zurücktitriert mit 22.3 ccm Barytwasser . . . . = 0.069 „ „ }
= 5.719 % N }

Mischungsverhältnisse der Versuchssubstanzen:

1219 g Harn enthalten 10.239 g } Gesamt-Stickstoff 0.341 g } Ammoniak-Stickstoff 70.34 g } Trockensubstanz.
376 „ Häcksel „ 1.970 „ } + — } + 325.92 „ }
1595 g 12.209 g } 0.341 g } 396.26 g }

Abschluss des Versuches am 3. Januar 1895.

Titer: Wie bei Beginn des Versuches am 9. Juli 1894.

Gesamt-Stickstoff:

10.2125 g Substanz wurden zurücktitriert mit 15.0 ccm Barytwasser = 0.790 % N } Mittel:
11.9475 „ „ „ „ „ 9.5 „ „ = 0.790 „ „ } 0.790 %

Ammoniak-Stickstoff:

11.6690 g Substanz wurden zurücktitriert mit 18.85 ccm Barytwasser = 0.609 % N } 0.606 %
12.1020 „ „ „ „ „ 18.1 „ „ = 0.603 „ „ }

Trockensubstanz:

10.1760 g Substanz enthielten Trockensubstanz 2.2290 g = 21.90 % N
20 g Säure in der Vorlage wurden zurücktitriert mit 26.8 ccm Barytwasser . . . . . = 0.504 „ „
= 22.40 % N
11.8070 g Substanz enthielten Trockensubstanz 2.5933 g = 21.97 „ „
20 g Säure in der Vorlage wurden zurücktitriert mit 18.6 ccm Barytwasser . . . . . = 0.61 „ „
= 22.58 % N.

Tabelle V.

Beginn der Versuche am 9. Juli 1894.

Analysen der zu den Versuchsmischungen verwendeten Substanzen.

Betr. Titer,, Häcksel, Harn vergl. die entsprechenden Rubriken der Tabelle IV, Beginn der Versuche.

Trockensubstanz:

39.4645 g	Kainit	enthielten	Trockensubstanz	39.1300 g = 99.15 %	Mittel:
31.8670 „	„	„	„	31.5980 „ = 99.16 „	99.16 %
14.1085 „	Gips . . .	„	„	13.8850 „ = 98.42 „	98.46 „
10.5420 „	„	„	„	10.3825 „ = 98.49 „	
35.9650 „	Doppelsuperphosphat	„	„	32.6250 „ = 90.71 „	90.63 „
23.8560 „	„	„	„	21.5995 „ = 90.54 „	
17.8455 „	Präcipitat . . .	„	„	15.5020 „ = 86.87 „	86.75 „
13.0540 „	„ . . .	„	„	11.3075 „ = 86.62 „	

Mischungsverhältnisse der Versuchssubstanzen:

Versuch I	1170.2 g Harn	enthalten	9.830 g	Gesamt-Stick-stoff	0.328 g	Ammo-niak-Stickstoff	67.52 g	Trocken-substanz.
	388.0 „ Häcksel	„	2.033 „		+ —		+336.32 „	
	1558.2 g		11.863 g		0.328 g		403.84 g	
II	1557.4 g Harn	„	13.082 g		0.436 g		89.86 g	
	507.7 „ Häcksel	„	2.661 „		—		440.07 „	
	30.4 „ Kainit	„	—	„	+ —	„	+ 30.14 „	„
	2095.5 g		15.743 g		0.436 g		560.07 g	
III	1452.3 g Harn	„	12.199 g		0.407 g		83.80 g	
	486.0 „ Häcksel	„	2.547 „		—		421.26 „	
	43.7 „ Gips	„	—	„	+ —	„	+ 43.03 „	„
	1982.0 g		14.746 g		0.407 g		548.09 g	
IV	1519.3 g Harn	„	12.762 g		0.425 g		87.66 g	
	506.6 „ Häcksel	„	2.655 „		—		439.12 „	
	15.0 „ Doppelsup.	„	—	„	+ —	„	+ 13.59 „	„
	2040.9 g		15.417 g		0.425 g		540.37 g	
V	1784.5 g Harn	„	14.990 g		0.500 g		102.97 g	
	589.1 „ Häcksel	„	3.087 „		—		510.63 „	
	26.2 „ Präcipitat	„	—	„	+ —	„	+ 22.73 „	„
	2399.8 g		18.077 g		0.500 g		636.33 g	
VI	1390.47 g Harn	enth.	11.680 g		0.389 g		80.23 g	
	459.4 „ Häcksel	„	2.407 „		—		398.21 „	
	4.13 „ Schwefels.	„	—	„	+ —	„	+ 4.13 „	„
	1854.00 g		14.087 g		0.389 g		482.57 g	

Abschluss der Versuche am 7. Januar 1895.

Titer: Vergl. Tabelle III, Abschluss der Versuche am 27. Dezember 1894.

Gesamt-Stickstoff:

Versuch				Mittel:
I	9.9510 g Subst. wurd. zurücktitriert mit 24.0 ccm Barytw.	= 0.586 % N		
	9.9620 „ „ „ „ „ 24.1 „ „	= 0.583 „ „		0.585 %
II	10.7385 „ „ „ „ „ 18.3 „ „	= 0.675 „ „		
	10.6830 „ „ „ „ „ 18.65 „ „	= 0.670 „ „		0.673 „
III	9.3350 „ „ „ „ „ 19.4 „ „	= 0.747 „ „		
	8.2940 „ „ „ „ „ 22.3 „ „	= 0.755 „ „		0.751 „
IV	9.6200 „ „ „ „ „ 19.6 „ „	= 0.720 „ „		
	9.3620 „ „ „ „ „ 20.6 „ „	= 0.713 „ „		0.717 „
V	10.3380 „ „ „ „ „ 15.35 „ „	= 0.772 „ „		
	11.6070 „ „ „ „ „ 11.2 „ „	= 0.777 „ „		0.775 „
VI	11.7840 „ „ „ „ „ 14.4 „ „	= 0.698 „ „		
	11.2355 „ „ „ „ „ 16.25 „ „	= 0.691 „ „		0.695 „

Ammoniak-Stickstoff:

I	10.8120 g Subst. wurd. zurücktitriert mit 30.6 ccm Barytw.	= 0.387 % N	
	10.8950 „ „ „ „ „ 30.3 „ „	= 0.391 „ „	0.389 %
II	11.5120 „ „ „ „ „ 26.1 „ „	= 0.461 „ „	
	10.6490 „ „ „ „ „ 27.65 „ „	= 0.462 „ „	0.462 „
III	10.5840 „ „ „ „ „ 22.9 „ „	= 0.577 „ „	
	12.0010 „ „ „ „ „ 20.0 „ „	= 0.569 „ „	0.573 „
IV	9.4090 „ „ „ „ „ 28.2 „ „	= 0.508 „ „	
	8.3870 „ „ „ „ „ 30.7 „ „	= 0.496 „ „	0.502 „
V	10.5700 „ „ „ „ „ 23.2 „ „	= 0.570 „ „	
	11.4830 „ „ „ „ „ 21.15 „ „	= 0.570 „ „	0.570 „
VI	10.9320 „ „ „ „ „ 25.90 „ „	= 0.490 „ „	
	11.7345 „ „ „ „ „ 24.15 „ „	= 0.494 „ „	0.492 „

Bei der Bestimmung der Trockensubstanz verflüchtigter Ammoniakstickstoff:

I	10.7930 g Subst. wurd. zurücktitriert mit 28.6 ccm Barytw.	= 0.434 % N	
	10.4010 „ „ „ „ „ 29.25 „ „	= 0.435 „ „	0.435 %
II	11.0500 „ „ „ „ „ 27.25 „ „	= 0.454 „ „	
	8.7235 „ „ „ „ „ 31.45 „ „	= 0.455 „ „	0.455 „
III	10.1780 „ „ „ „ „ 27.85 „ „	= 0.478 „ „	
	10.7040 „ „ „ „ „ 27.0 „ „	= 0.475 „ „	0.477 „
IV	11.1560 „ „ „ „ „ 24.8 „ „	= 0.505 „ „	
	10.5115 „ „ „ „ „ 28.05 „ „	= 0.459 „ „	0.482 „
V	10.8160 „ „ „ „ „ 23.5 „ „	= 0.550 „ „	
	9.7285 „ „ „ „ „ 26.6 „ „	= 0.533 „ „	0.542 „
VI	12.5170 „ „ „ „ „ 21.8 „ „	= 0.509 „ „	
	10.5470 „ „ „ „ „ 26.6 „ „	= 0.491 „ „	0.500 „

Trockensubstanz:

Versuch		Substanz	enthielten	Trockensubstanz			Mittel:
I	10.7930 g	„	„	„	2.2460 g	= 20.81 %	20.93 %
	10.4010 „	„	„	„	2.1895 „	= 21.05 „	
II	11.0500 „	„	„	„	2.5290 „	= 22.89 „	22.86 „
	8.7235 „	„	„	„	1.9920 „	= 22.83 „	
III	10.1780 „	„	„	„	2.3300 „	= 22.92 „	22.86 „
	10.7040 „	„	„	„	2.4390 „	= 22.79 „	
IV	11.1560 „	„	„	„	2.3340 „	= 20.92 „	21.04 „
	10.5115 „	„	„	„	2.2240 „	= 21.16 „	
V	10.8160 „	„	„	„	2.2840 „	= 21.19 „	21.27 „
	9.7285 „	„	„	„	2.0760 „	= 21.34 „	
VI	12.5170 „	„	„	„	2.8145 „	= 22.49 „	22.43 „
	10.5470 „	„	„	„	2.3590 „	= 22.37 „	

In den Vorlagen gebildeter Ammoniak-Stickstoff:

I Je 30 ccm vorgelegte Säure wurden zurücktitriert mit 19.9, 21.1, 16.0, 22.6, 22.0, 21.2 ccm Barytwasser; 30 ccm Säure wurden zu 250 aufgefüllt, davon 50 ccm destilliert und mit 28.1 ccm zurücktitriert; 20 ccm Säure wurden ebenso aufgefüllt und destilliert und mit 40.4 ccm zurücktitriert.

II Je 30 ccm vorgelegte Säure wurden zurücktitriert mit 19.3, 24.4, 16.6, 23.3, 14.0, 19.9, 9.7, 13.9 ccm Barytwasser; je 30 ccm wurden wie oben aufgefüllt und destilliert und mit 29.2 ccm und 18.4 ccm zurücktitriert; je 20 ccm wie oben aufgefüllt und destilliert, wurden mit 3.7 ccm und 47.5 ccm zurücktitriert.

III Je 30 ccm Säure wurden zurücktitriert mit 19.5, 20.7, 21.1, 19.9, 4.4 ccm Barytwasser.

IV Je 30 ccm Säure wurden zurücktitriert mit 21.4, 22.6, 21.8 ccm Barytwasser; je 31 ccm Säure mit 21.0 und 24.0 ccm; je 30 ccm wurden wie bei I aufgefüllt und destilliert und mit 27.8 bezw. 21.3 ccm zurücktitriert.

V Je 30 ccm Säure wurden mit 17.3 bezw. 22.0 ccm Barytwasser zurücktitriert; 30 ccm wurden wie oben aufgefüllt und destilliert und mit 62.5 ccm Barytwasser zurücktitriert; 20 ccm wurden wie oben aufgefüllt und destilliert und mit 19.7 ccm Barytwasser zurücktitriert.

VI Je 30 ccm Säure wurden zurücktitriert mit 23.6, 19.4, 20.35, 25.2, 23.5 ccm, je 26.45 ccm Säure mit 0.7 ccm Barytwasser; 30 ccm Säure wurden zu 250 aufgefüllt und 50 ccm davon mit 27.6 ccm zurücktitriert und ebenso 20 ccm Säure mit 16.3 ccm.

Tabelle VI.

Beginn der Versuche am 6. Juli 1893.

Titer: Vergleiche Tabelle I, Beginn der Versuche am 5. Juli 1893.

Gesamt-Stickstoff:

Versuch										Mittel:
I	7.9102 g	Subst.	wurden	zurücktitriert	mit	48.9	ccm	Barytw.	= 0.310 % N	0.313 %
	9.7613 „	„	„	„	„	46.6	„	„	= 0.316 „ „	
II	6.3938 „	„	„	„	„	49.35	„	„	= 0.349 „ „	0.346 „
	7.2390 „	„	„	„	„	48.8	„	„	= 0.343 „ „	
III	6.1058 „	„	„	„	„	52.0	„	„	= 0.279 „ „	0.275 „
	8.4684 „	„	„	„	„	49.6	„	„	= 0.270 „ „	
IV	8.7305 „	„	„	„	„	47.3	„	„	= 0.327 „ „	0.324 „
	8.7725 „	„	„	„	„	47.5	„	„	= 0.320 „ „	
V	6.4733 „	„	„	„	„	50.0	„	„	= 0.337 „ „	0.334 „
	7.3514 „	„	„	„	„	49.05	„	„	= 0.331 „ „	

Trockensubstanz:

I	13.4106 g	Substanz	enthielten	Trockensubstanz	7.8640	g	= 58.64 %	58.54 %
	11.3115 „	„	„	„	6.6107	„	= 58.44 „	
II	14.0380 „	„	„	„	8.4680	„	= 60.27 „	60.14 „
	10.5860 „	„	„	„	6.3530	„	= 60.01 „	
III	10.5950 „	„	„	„	6.4140	„	= 60.53 „	60.46 „
	9.5600 „	„	„	„	5.7725	„	= 60.39 „	
IV	10.3450 „	„	„	„	5.9770	„	= 58.94 „	58.82 „
	7.4480 „	„	„	„	4.3720	„	= 58.70 „	
V	10.2685 „	„	„	„	6.0780	„	= 59.00 „	58.90 „
	8.5800 „	„	„	„	5.0390	„	= 58.80 „	

Abschluss der Versuche am 30. Januar 1894.

Titer: Vergleiche Tabelle I, Abschluss der Versuche am 30. Januar 1894.

Gesamt-Stickstoff:

Versuch										Mittel:
I	6.5885 g	Subst.	wurden	zurücktitriert	mit	40.0	ccm	Barytw.	= 0.309 % N	0.311 %
	7.0535 „	„	„	„	„	39.35	„	„	= 0.313 „ „	
II	8.4085 „	„	„	„	„	37.4	„	„	= 0.326 „ „	0.321 „
	7.6460 „	„	„	„	„	38.6	„	„	= 0.316 „ „	
III	9.2910 „	„	„	„	„	38.35	„	„	= 0.267 „ „	0.268 „
	8.7025 „	„	„	„	„	38.9	„	„	= 0.268 „ „	
IV	6.6145 „	„	„	„	„	40.0	„	„	= 0.308 „ „	0.303 „
	7.8055 „	„	„	„	„	38.95	„	„	= 0.297 „ „	
V	7.3800 „	„	„	„	„	39.1	„	„	= 0.309 „ „	0.310 „
	7.7250 „	„	„	„	„	38.65	„	„	= 0.311 „ „	

Trockensubstanz:

I	11.5395 g	Substanz	enthielten	Trockensubstanz	6.4960	g	= 56.29 %.
II	4.8150 „	„	„	„	2.7535	„	= 57.18 „
III	9.9800 „	„	„	„	5.9999	„	= 60.12 „
IV	8.9110 „	„	„	„	2.7535	„	= 57.89 „
V	10.2140 „	„	„	„	6.0120	„	= 58.86 „

Tabelle VII.

Beginn der Versuche am 30. Januar 1894.

Vergleiche betr. Versuch I—V, Tabelle VI, Abschluss der Versuche am 30. Januar 1894.

Gesamt-Stickstoff, Versuch I—V.

Abschluss der Versuche am 20. Dezember 1894.

Titer: Vergleiche Tabelle III, Abschluss der Versuche am 27. Dezember 1894.

Gesamt-Stickstoff:

Versuch				Mittel:
I	22.0905 g Subst. wurden zurücktitriert mit	20.35 ccm Barytw.	= 0.305 % N	0.307 %
	14.4120 „ „ „ „ „	29.55 „ „	= 0.309 „ „	
II	14.0930 „ „ „ „ „	30.4 „ „	= 0.300 „ „	0.305 „
	9.4450 „ „ „ „ „	35.8 „ „	= 0.306 „ „	
	8.2130 „ „ „ „ „	37.25 „ „	= 0.308 „ „	
III	12.4520 „ „ „ „ „	34.45 „ „	= 0.259 „ „	0.256 „
	12.2587 „ „ „ „ „	35.0 „ „	= 0.252 „ „	
IV	12.1690 „ „ „ „ „	32.85 „ „	= 0.298 „ „	0.298 „
	12.1520 „ „ „ „ „	32.85 „ „	= 0.298 „ „	
V	9.4130 „ „ „ „ „	35.6 „ „	= 0.312 „ „	0.308 „
	11.0220 „ „ „ „ „	34.0 „ „	= 0.303 „ „	

Beiträge zur Frage über die bei der Fäulnis stickstoffhaltiger organischer Substanzen eintretenden Umsetzungen.

Von

TH. PFEIFFER (Ref.), E. FRANKE, C. GÖTZE und H. THURMANN.

(Mit 1 Abbildung.)

Einleitung.

Es besteht schon lange kein Zweifel mehr, dass bei der Fäulnis stickstoffhaltiger organischer Substanzen unter Umständen sehr bedeutende Verluste an organischer Substanz, namentlich aber an Stickstoff, eintreten können. Diese Thatsache an und für sich ist aber nur eine höchst unvollkommene Errungenschaft, so lange man nicht die Ursachen, welche der erwähnten Verlustquelle zu Grunde liegen, sowie etwaige Mittel zu deren Unterbindung mit Sicherheit aufgedeckt hat. In gedachter Beziehung fehlt es allerdings nicht an Versuchen, welche in der verschiedensten Richtung klärend zu wirken bestrebt gewesen sind, aber leider ist es bislang nicht gelungen, hieraus Schlussfolgerungen zu ziehen, welche eine definitive Lösung des so überaus wichtigen Problems gestatten. Es dürfte in der Agrikulturchemie kaum ein zweites Forschungsgebiet geben, auf welchem uns so zahlreiche und völlig unaufgeklärt bleibende Widersprüche entgegentreten. Glaubt man in einer aufs sorgfältigste ausgeführten Studie einen sicheren Beweis gefunden zu haben, so stösst man ganz gewiss sehr bald auf eine Arbeit, aus welcher sich mit eben soviel Wahrscheinlichkeit genau das Gegenteil ableiten lässt. Man braucht nur die vortreffliche Zusammenstellung von König

in seiner Schrift: „Wie kann der Landwirt den Stickstoffvorrat in seiner Wirtschaft erhalten und vermehren?“ zu lesen, um sich sagen zu müssen, dass die Vorgänge bei der Fäulnis stickstoffhaltiger organischer Substanzen resp. bei der Düngerkonservierung noch in ein ziemliches Dunkel gehüllt sind. König legt sich deshalb auch mit Recht bei Aufzählung der für die Praxis gewonnenen Schlussfolgerungen und Regeln eine gewisse Reserve auf, die deutlich erkennen lässt, dass es sich um Fragen handelt, welche täglich ein anderes Gesicht annehmen können.

Die Düngerabteilung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft war vor einigen Jahren ebenfalls zu der Überzeugung gekommen, dass es auf dem in Rede stehenden Gebiet noch manche Lücke auszufüllen giebt. Sie forderte daher zu gemeinschaftlich zu beratenden Versuchsarbeiten auf und stellte hierfür in dankenswerter Weise die Bewilligung von Geldmitteln zur Bestreitung der entstehenden Unkosten in Aussicht. Dieser Anregung folgend haben sich die Versuchs-Stationen Augsburg, Darmstadt, Jena und Rostock, später auch Bonn und Göttingen an den betreffenden Arbeiten beteiligt. In mehrfachen Zusammenkünften der Versuchsleiter mit dem Geschäftsführer der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, Herrn Dr. J. H. Vogel, wurden der Versuchsplan und die alsdann gewonnenen Resultate einer eingehenden Besprechung unterworfen, und ist es hierdurch gelungen, manchen neuen Gesichtspunkt in den Kreis der Arbeiten einzubeziehen.

Es galt offenbar wesentlich zwei Fragen zu lösen:

1. Wie sind die grossen Stickstoffverluste bei der Fäulnis organischer Substanzen zu erklären? In welchem Grade beteiligt sich hieran der elementare Stickstoff resp. das Ammoniak, und wie kommt die Entbindung des ersteren zustande?

2. Welche Mittel besitzen wir, um den unter 1 berührten Verlusten vorzubeugen, und wie wirken dieselben?

Hierbei war eine Wiederholung älterer Versuche unvermeidlich, ja es schien bei der herrschenden Verwirrung sogar geboten zu sein, die aufgeworfenen Fragen möglichst von Grund auf in Angriff zu nehmen. Eine Veröffentlichung der gewonnenen Resultate sollte ursprünglich erst dann erfolgen, wenn völlige Klarheit geschaffen wäre, um eine unnötige Beunruhigung der praktischen Landwirte zu vermeiden. Von diesem Ziele sind

wir leider noch weit entfernt, denn die zahlreich ausgeführten Einzelarbeiten haben Schwierigkeiten und Widersprüche mannigfacher Art zu Tage treten lassen. Da jedoch im Laufe der gemeinsamen Untersuchungen von gewisser Seite sehr wertvolle neue Thatsachen aufgedeckt worden waren, so glaubte man nicht länger mit einer Zusammenstellung des gewonnenen Zahlenmaterials zögern zu dürfen. Dieser Erwägung nachgebend hat sich auch der Referent zur Erstattung des nachfolgenden Berichts entschlossen, trotzdem letzterer kein abgerundetes Bild zu gewähren vermag. Es sind Einzelstudien, die vielleicht hier und da eine Lücke ausfüllen können, deren Resultate sich aber häufig wenigstens zur Zeit noch sehr schwierig deuten und richtig verwerten lassen.

I.

Bei Anstellung der ersten Versuchsreihe haben wir uns von folgenden Erwägungen leiten lassen. Ehrenberg[1]) hat bekanntlich bei seinen auf gasanalytischem Wege unter peinlichstem Ausschluss aller Fehlerquellen angestellten Versuchen gefunden, dass die Entwicklung von elementarem Stickstoff aus faulenden organischen Gemischen nur bei Gegenwart von Nitraten und bei Sauerstoffmangel stattfindet. Andererseits ist vielfach konstatiert worden, dass die Stickstoffverluste beim lagernden Stallmist um so grösser sind, je mehr dem atmosphärischen Sauerstoff der Zutritt gestattet wird. Wie man leicht sieht, stösst man hier auf einen Widerspruch, dem man allerdings dadurch zu begegnen versucht hat, dass man sagte, in den oberen lockeren Schichten des Stallmistes findet bei reichlichem Luftzutritt Nitrifikation statt; die gebildeten Salpeterverbindungen gelangen in die tieferen, fester lagernden Schichten, und hier sind alsdann bei Sauerstoffmangel die Bedingungen zur Entbindung elementaren Stickstoffs gegeben. Wir werden jedoch später zu zeigen haben, dass dieser Erklärungsversuch nicht genügt. Bei Beginn unserer Versuche glaubten wir den angeführten Widerspruch auf andere Weise lösen zu können. Kellner[2]) hat gefunden, dass beim Eindampfen an sich saurer oder angesäuerter

---

[1]) Zeitschrift für physiolog. Chemie XI, S. 471.
[2]) Landwirtschaftl. Versuchs-Stationen XXIV, S. 447.

Pflanzensäfte bei Gegenwart von stickstoffhaltigen, nicht-eiweissartigen Substanzen und von Nitraten Stickstoffverluste eintreten können. Bei der Untersuchung der gelagerten Stallmistproben sind dieselben, soweit wir dies zu überblicken vermochten, zur Vermeidung von Ammoniakverlusten vor dem Trocknen stets angesäuert, und die Möglichkeit schien daher nicht ausgeschlossen zu sein, dass die Stickstoffverluste wenigstens zum Teil nicht auf Rechnung der Fäulnisvorgänge zu setzen, sondern durch die erwähnte nachträgliche Manipulation bedingt gewesen wären. Dieser mutmasslichen Fehlerquelle konnte dadurch vorgebeugt werden, dass bei den betreffenden Untersuchungen der Ammoniakstickstoff sowohl in der ungetrockneten, als auch in der ohne Säurezusatz getrockneten Masse bestimmt und die hierbei gefundene Differenz sodann als beim Trocknen entwichener Ammoniakstickstoff in Ansatz gebracht wurde.[1]) Wir haben uns somit die Aufgabe gestellt, zu prüfen, ob auch bei Beobachtung dieser Vorsichtsmassregel ein Entweichen elementaren Stickstoffs konstatiert werden kann und wie sich die sonstigen Umsetzungsprozesse bei der Fäulnis stickstoffhaltiger organischer Substanzen unter möglichst verschiedenen Versuchsbedingungen gestalten.

Die Wahl des Versuchsmaterials ist für den Ausfall der betreffenden Untersuchungen gewiss von der grössten Bedeutung. Je nachdem Pferde- oder Rinderkot, mit oder ohne Einschluss des Harns, mit viel oder wenig Stroh gemengt der Fäulnis überlassen wird, werden sich bedeutende Unterschiede bemerkbar machen, deren Feststellung aber einer Zeit vorbehalten bleiben kann, in welcher wir über die allgemeinen Zersetzungsvorgänge sichere Kenntnis besitzen. Für die vorliegenden orientierenden Versuche schien uns die Benutzung eines Materials, von welchem sich die nötigen Durchschnittsproben mit Sicherheit richtig entnehmen lassen, und welches seiner Zusammensetzung nach sich dem „Stallmist“ möglichst nähert, eine Hauptsache zu sein. Bei früheren Versuchen hatten wir gefunden, dass sich aus abgesiebtem Torfmull, wie derselbe zum Füllen der „Torfstühle“ Verwendung

[1]) Inzwischen haben wir durch besondere, bereits (Landw. Versuchs-Stationen 46. Bd., S. 18) mitgeteilte Versuche gefunden, dass man wenigstens bei Anwendung organischer Säuren zur Ammoniakbindung vor Stickstoffverlusten beim Trocknen selbst dann geschützt ist, wenn grössere Mengen Nitratstickstoff zugegen sind. Mineralsäuren haben wir nicht geprüft.

findet, und tierischen Exkrementen eine durchaus gleichmässige Mischung herstellen lässt. Herr Dr. Hansen, Direktor der Ackerbauschule in Zwätzen, war so freundlich, am 3. Juli 1892 in seinen mit 9 Kühen besetzten Stall 34 kg Torfmull einstreuen zu lassen, wodurch im Laufe von 12 Stunden ca. 250 kg Dünger gewonnen wurden.

Diese Masse wurde am selbigen Abend in einen kühlen Keller geschafft, am nächsten Morgen sehr gründlich durchgearbeitet und dann wie folgt weiter behandelt. Für die gleich näher zu besprechenden Versuchsreihen I—IV wurden Durchschnittsproben von je 30 kg abgewogen und diese bei Versuchsreihe II—IV mit 900 g Gips (II), resp. 900 g Gips + 300 g Doppelsuperphosphat (III), resp. 900 g Gips + 300 g Präcipität (IV) mit den Händen innig vermengt. Die Verteilung der Zusätze gelang offenbar vollkommen. Gipspartikelchen waren hinterher kaum noch wahrnehmbar. Von den gut durchgearbeiteten Massen wurden bestimmte Mengen in die Versuchsgefässe (Flaschen und Kästen) abgewogen. Während des Einfüllens wurden bei jeder Versuchsreihe zwei Durchschnittsmuster zum Trocknen und auch zur Bestimmung des Ammoniaks (im frischen Zustand) entnommen. Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass die Parallelproben gut übereinstimmende Analysenergebnisse lieferten, so dass die Richtigkeit der Probenahme gesichert erscheint.

Die Wahl der Konservierungsmittel bedarf keiner Erläuterung, denn es war ganz selbstverständlich, dass die damals wieder lebhaft in Fluss geratene Frage, ob reiner Gips oder ein wasserlösliche Phosphorsäure resp. Dicalciumphosphat enthaltender Gips für die Düngerkonservierung am geeignetsten sei, in den Kreis der Untersuchungen einbezogen wurde. Die betreffenden Zusätze sind den Versuchsanstellern in gleichmässiger Beschaffenheit von der D. L.-G. geliefert, so dass in dieser Hinsicht kein Unterschied besteht. Andere Präparate konnten wir in Jena räumlicher Verhältnisse halber nicht in Anwendung bringen.

Zur Aufnahme der Dungmassen dienten Flaschen und Kasten. Erstere, die auch bei späteren Versuchen Verwendung fanden, sind ähnlich hergerichtet, wie die von Dietzell[1]) benutzten. (Vergl. Fig. 1.) Ihr Fassungsraum beträgt ca. 5 Liter;

[1]) Bericht der Deutschen chem. Ges. 1882, S. 551.

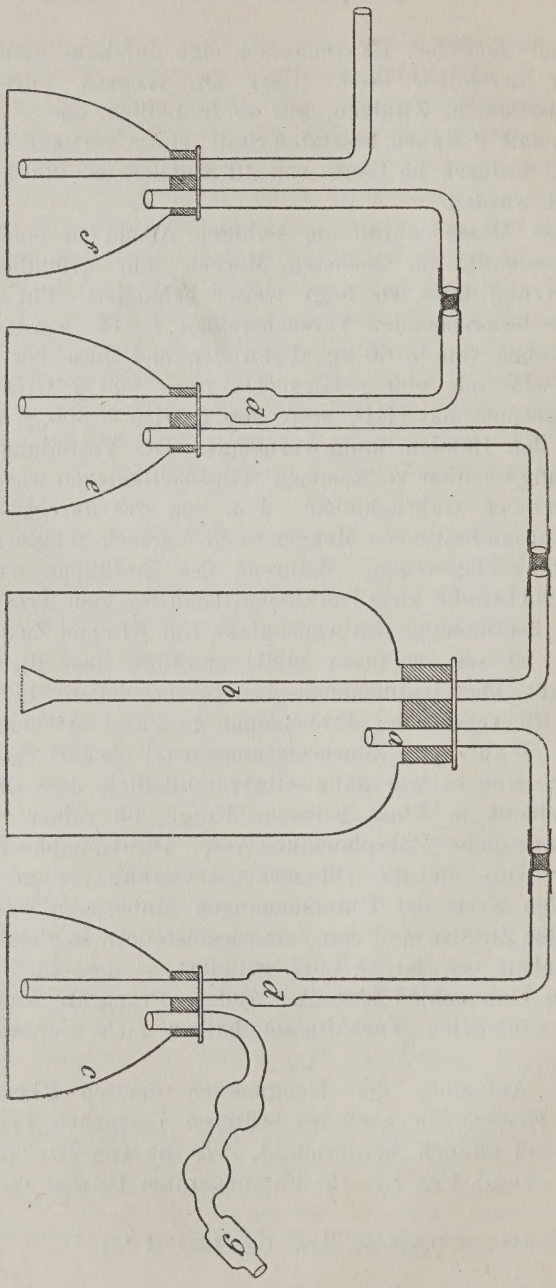


Fig. 1.

der innen mattgeschliffene Hals von 7 cm Durchmesser lässt sich durch einen Gummistopfen luftdicht verschliessen. Durch letzteren gehen 2 Glasröhren,[1]) von welchen die eine (a) unmittelbar unter dem Stopfen mündet, während die andere (b) bei der einen Hälfte der vorhandenen 16 Flaschen, wie es in der Figur angegeben ist, auf den Grund der Flasche reicht und hier in einen mit Drahtgewebe überspannten kleinen Trichter ausläuft, bei den anderen 8 Flaschen aber ebenfalls unmittelbar unter dem Stopfen mündet. Da a mit der Saugpumpe verbunden wird, so erreicht man hierdurch, dass die durch b eintretende Luft im einen Falle durch die eingefüllte Dungmasse hindurchgesaugt wird, während im anderen Falle nur ein Absaugen der sich über den Dungmassen ansammelnden Gase stattfindet. Rohr a ist mit der Vorlage c verbunden, welche mit titrierter Schwefelsäure beschickt wird; das pipettenartig erweiterte Rohr d hat den Zweck, beim etwaigen Zurücksteigen der Säure Verluste zu vermeiden. Rohr b steht mit 2 Vorlagen in Verbindung, von denen die eine (e) auch mit titrierter, die andere (f) dagegen mit konzentrierter Schwefelsäure beschickt wird. Erstere soll etwaige Spuren von Ammoniak, welche sich bei Ausserbetriebsetzung der Saugpumpe „rückwärts" verflüchtigen könnten, auffangen — eine Vorsichtsmassregel, die sich übrigens als unnötig erwiesen hat — letztere dient zur Befreiung der eintretenden Luft von Ammoniak. Die 16 Flaschen stehen in 2 Reihen in einem heizbaren Raum; vor jeder Reihe läuft ein Metallrohr, welches mit seinem einen Ende mit der Saugpumpe und durch 8 eingeschraubte Röhrchen mit den 8 Vorlagen (g) verbunden werden kann; Quetschhähne, welche an den die Röhrchen und Vorlagen verbindenden Gummischläuchen angebracht sind, gestatten ein Regulieren des durchgesaugten Luftstroms. Während der ersten 5 Monate wurden wöchentlich zweimal durch jede Flasche 10 Liter Luft (gemessen mit Hilfe einer eingeschalteten Gasuhr) im langsamen Strome durchgesaugt. Der Inhalt von 8 Flaschen wurde dann untersucht, während die übrigen 8 Flaschen weitere fünf Monate stehen blieben und in dieser Zeit kontinuierlich durchlüftet wurden; letzteres liess

[1]) Bei diesen ersten Versuchen befand sich in einer dritten Durchbohrung des Gummistopfens ein Thermometer. Da jedoch infolge des relativ geringen Quantums der faulenden Massen kaum nennenswerte Temperatursteigerungen eintraten, so wurde dies Thermometer später fortgelassen.

sich mit Hilfe der erwähnten Quetschhähne sehr regelmässig gestalten. In jede Flasche wurden 2 kg der verschieden präparierten Dungmassen eingefüllt.

Die aus Zinkblech gefertigten und mit einem Deckel aus Drahtgewebe verschliessbaren 8 Kästen wurden mit je 8, resp. 7 kg der Versuchsgemische beschickt und blieben 5 Monate im Garten unter einem Schuppen stehen. In 4 Kästen wurde der Dünger möglichst festgestampft, was alle 8 Tage nach Ersatz des verdunsteten Wassers wiederholt wurde; in den anderen Kästen fand regelmässig, ebenfalls nach dem Ausgleich des Wasserverlustes, ein Auflockern der Massen statt. Wir hofften durch diese Kastenversuche die zweckmässige feste und die zu beanstandende lockere Lagerung des Stallmistes in der Praxis nachahmen und dann einen Vergleich mit unseren Flaschenversuchen herbeiführen zu können. In welcher Form die Stickstoffverluste vor sich gehen, war bei dieser Versuchsserie selbstverständlich nicht zu ermitteln.

Die gleiche Dungmasse ist somit längere Zeit der Einwirkung einerseits verschiedener Konservierungsmittel, andererseits verschiedengradiger Durchlüftung ausgesetzt gewesen. Art und Zweck der Versuchsanordnung ergeben sich noch besser aus folgender Übersicht.

Versuchs-Anordnung.

Versuchsreihe I Dünger ohne Zusatz.	Versuchsreihe II Dünger + 3 % Gips.
Versuchsreihe III Dünger + 3 % Gips und 1 % Doppelsuperphosphat.	Versuchsreihe IV Dünger + 3 % Gips und 1 % Präcipitat.

Bei jeder Versuchsreihe

Flasche A } Luft über dem Dünger abgesaugt. { 1 Untersucht nach 5 Monaten.
„ A } { 2 „ „ 10 „

Flasche B } Luft duch den Dünger durchgesaugt. { 1 Untersucht nach 5 Monaten.
„ B } { 2 „ „ 10 „

Kasten 1 Dünger festgestampft } Untersucht nach
„ 2 „ locker gelassen. } 5 Monaten.

Vor Beginn und nach Beendigung der Versuche wurden in den entnommenen Durchschnittsproben Trockensubstanz, Asche (Differenz organische Substanz), Gesamt-Stickstoff und Am-

moniak-Stickstoff (Differenz organischer Stickstoff) bestimmt. Auf Nitrat-Stickstoff brauchte keine Rücksicht genommen zu werden, da die so ungemein empfindliche Diphenylaminreaktion nur in einzelnen Fällen das Vorhandensein von kaum wahrnehmbaren Spuren Salpetersäure andeutete. Für obige Bestimmungen dienten die allgemein üblichen Methoden mit der bereits erwähnten Einschränkung, dass der Ammoniak-Stickstoff[1]) in der nichtgetrockneten Masse und der Gesamt-Stickstoff durch Addition des beim Trocknen verflüchtigten Ammoniak-Stickstoffs ermittelt wurde.

Wir fanden auf diese Weise:

(Siehe die Tabelle auf Seite 38.)

Die angeführten Zahlen gewähren nur einen allgemeinen Überblick über den Verlauf der Versuche, sie gestatten ein Urteil über die Grösse etwaiger Versuchsfehler, da hierzu die Kenntnis der vorhandenen absoluten Mengen nötig ist. Für die Diskussion der Versuchsergebnisse eignen sich dagegen besser die Verlustziffern, namentlich wenn dieselben prozentisch auf die ursprünglich vorhandenen Mengen der einzelnen Bestandteile berechnet werden. Dies ist in den nachfolgenden Tabellen geschehen, in welchen der besseren Übersicht halber eine etwas andere Anordnung der Versuche getroffen wurde. Wir beginnen mit einer Besprechung der Verluste an Trockensubstanz, Asche und organischer Substanz.

(Siehe die Tabelle auf Seite 39.)

1. Trockensubstanz. Die Verluste an Trockensubstanz sind bei den Flaschenversuchen stets grösser als diejenigen an Gesamtmasse. Um dies zu zeigen, seien hier nur die entsprechenden Zahlen für die erste Versuchsreihe angeführt.

	Verlust an Trockensubstanz	Verlust an Gesamtmasse
Flasche A1	3.0 g	22.0 g
„ A2	33.0 „	46.4 „
„ B1	2.0 „	20.4 „
„ B2	26.0 „	55.8 „

[1]) Unter „Ammoniak-Stickstoff“ ist der bei der Destillation mit Magnesia entweichende Stickstoff zu verstehen. Es ist bekanntlich fraglich, ob hierbei nicht auch organische Stickstoffverbindungen teilweise zersetzt werden. Cfr. Landw. Vers.-Stat. Bd. 46, S. 19.

		Gesamtmasse		Trocken-substanz		Asche		Organische Substanz		Gesamt-Stickstoff		Ammoniak-Stickstoff		Organischer Stickstoff	
		im Anfang	am Schluss	im Anfang	am Schluss	im Anfang	am Schluss	im Anfang	am Schluss	im Anfang	am Schluss	im Anfang	am Schluss	im Anfang	am Schluss
		g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Versuchsreihe I.	Flasche A 1 .	2000.0	1997.0	403.8	381.8	66.8	67.3	337.0	314.5	10.00	9.73	4.02	4.39	5.98	5.34
	„ A 2 .	2000.0	1967.0	403.8	357.4	66.8	66.9	337.0	290.5	10.00	7.24	4 02	1.59	5.98	5.65
	„ B 1 .	2000.0	1998.0	403.8	383.4	66.8	66.5	337.0	316.9	10.00	9.59	4.02	4.26	5.98	5.33
	„ B 2 .	2000.0	1974.0	403.8	348.0	66.8	68.1	337.0	279.9	10.00	5.74	4.02	0.51	5.98	5.23
	Kasten 1 . .	8000	[1])	1615.2	1222.0	267.2	259.1	1348.0	963.0	40.00	20.12	16.08	—	23.92	20.12
	„ 2 . .	7000	[1])	1413.3	1028.5	233.8	232.9	1179.5	795.6	35.00	17.00	14.07	—	20.93	17.00
Versuchsreihe II.	Flasche A 1 .	2000.0	1992.0	446.4	430.3	103.0	102.4	343.4	327.9	11.00	10.46	4.36	4.66	6.64	5.80
	„ A 2 .	2000.0	1957.0	446.4	357.0	103.0	99.5	343.4	257.5	11.00	7.61	4.36	2.62	6.64	4.99
	„ B 1 .	2000.0	1990.0	446.4	420.7	103.0	103.3	343.4	317.4	11.00	10.78	4.36	4.95	6.64	5 83
	„ B 2 .	2000.0	1962 0	446.4	337.3	103.0	103.2	343.4	234.1	11.00	6.71	4.36	1.49	6.64	5.22
	Kasten 1 . .	8000	[1])	1785.6	1425.3	412.0	410.0	1373.6	1015.3	44.00	26.86	17.44	6.39	26.56	20.47
	„ 2 . .	7000	[1])	1562.4	1225.5	360.5	344.4	1201.9	881.1	38.50	21.62	15.26	5.83	23.24	15.79
Versuchsreihe III.	Flasche A 1 .	2000.0	1976.0	462.6	437.9	117.4	115.2	345.2	322.7	11.38	10.61	4.16	4.64	7.22	5.97
	„ A 2 .	2000.0	1979.0	462.6	424.1	117.4	117.0	345.2	307.1	11.38	8.98	4.16	3.84	7.22	5.14
	„ B 1 .	2000.0	1990.0	462.6	429.6	117.4	117.2	345.2	312.4	11.38	9.43	4.16	4.24	7.22	5.19
	„ B 2 .	2000.0	1953.9	462.6	408.2	117.4	115.3	345 2	292.9	11.38	8.36	4.16	2.79	7.22	5.57
	Kasten 1 . .	8000.0	[1])	1850.4	1537.3	469.6	455.7	1380 8	1081.6	45 52	30.24	16.64	7.56	28.88	22.68
	„ 2 . .	7000.0	[1])	1619.1	1153.8	410.9	409.9	1208.2	743.9	39.83	21.80	14 56	5.84	25.27	15.96
Versuchsreihe IV.	Flasche A 1 .	2000.0	1989.0	465.0	447.3	116.8	118.5	348.2	328.8	9.50	9.38	4.02	4.10	5.48	5.28
	„ A 2 .	2000.0	1975.3	465.0	421.3	116.8	117.7	348.2	303.6	9.50	8.57	4.02	3.18	5.48	5.39
	„ B 1 .	2000.0	1990.0	465.0	436.6	116.8	113.8	348.2	322.8	9.50	9.54	4.02	4 58	5.48	4.96
	„ B 2 .	2000.0	1957.2	465.0	417.9	116.8	117.2	348.2	300.7	9.50	7.85	4.02	2.96	5.48	4.89
	Kasten 1 . .	8000	[1])	1860.0	1423.0	467.2	460.3	1392 8	962.7	38.00	23.83	16.08	2.63	21.92	21.20
	„ 2 . .	7000	[1])	1627.5	1285.2	408.8	410.5	1218.7	874.7	33.25	21.12	14 07	2.74	19.18	18.38

[1]) Da das verdunstete Wasser jede Woche ersetzt wurde, so ist das am Schluss gefundene Gesamtgewicht bedeutungslos.

Verluste an resp. bei	Flaschen-Versuche.								Kasten-Versuche.			
	Nach 5 Monaten				Nach 10 Monaten				Nach 5 Monaten			
	Luft über dem Dünger abgesaugt		Luft durch den Dünger durchgesaugt		Luft über dem Dünger abgesaugt		Luft durch den Dünger durchgesaugt		Dünger festgestampft		Dünger locker gelassen	
	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
Trockensubstanz:												
Ohne Zusatz	— 22.0	— **5.45**	— 20.4	— **5.05**	— 46.4	— **11.45**	— 55.8	— **13.82**	— 393.2	— **24.34**	— 384.8	— **27.23**
Gips	— 16.1	— **3.61**	— 25.7	— **5.76**	— 89.4	— **20.03**	— 109.1	— **24.44**	— 360.3	— **20.18**	— 336.9	— **21.56**
„ + Superphosphat	— 24.7	— **5.34**	— 33.0	— **7.13**	— 38.5	— **8.32**	— 54.4	— **11.76**	— 313.1	— **16.92**	— 465.3	— **28.74**
„ + Präcipitat	— 17.7	— **3.81**	— 28.4	— **6.11**	— 43.7	— **9.40**	— 47.1	— **10.13**	— 437.0	— **23.49**	— 342.3	— **21.03**
Asche:												
Ohne Zusatz	+ 0.5	+ **0.75**	— 0.3	— **0.45**	+ 0.1	+ **0.15**	+ 1.3	+ **1.95**	— 8.1	— **3.03**	— 0.9	— **0.38**
Gips	— 0.6	— **0.58**	+ 0.3	+ **0.29**	— 3.5	— **3.39**	+ 0.2	+ **0.19**	— 2.0	— **0.49**	— 16.1	— **4.47**
„ + Superphosphat	— 2.2	— **1.81**	— 0.2	— **0.17**	— 0.4	— **0.34**	— 2.1	— **1.79**	— 13.9	— **2.96**	— 1.0	— **0.24**
„ + Präcipitat	+ 1.7	+ **1.45**	+ 3.0	— **2.57**	+ 0.9	+ **0.77**	+ 0.4	+ **0.34**	— 6.9	— **1.47**	+ 1.7	+ **0.42**
Organische Substanz:												
Ohne Zusatz	— 22.5	— **6.68**	— 20.1	— **5.96**	— 46.5	— **13.79**	— 57.1	— **16.94**	— 385.1	— **28.57**	— 383.9	— **32.55**
Gips	— 15.5	— **4.51**	— 26.0	— **7.57**	— 85.9	— **25.01**	— 109.3	— **31.83**	— 358.3	— **26.08**	— 320.8	— **26.69**
„ + Superphosphat	— 22.5	— **6.52**	— 32.8	— **9.50**	— 38.1	— **11.04**	— 52.3	— **14.75**	— 299.2	— **21.67**	— 464.3	— **38.43**
„ + Präcipitat	— 19.4	— **5.57**	— 25.4	— **7.29**	— 44.6	— **13.04**	— 47.5	— **13.60**	— 430.1	— **30.88**	— 344.0	— **28.23**

Bei anderen Flaschen sind die Unterschiede noch bedeutend grösser. Es kann dies nur so erklärt werden, dass beim Trocknen Verluste an organischer Substanz eingetreten sind; denn die andere Möglichkeit, die Aufnahme von Wasser in die Versuchsgefässe, wodurch die stärkere Zersetzung der organischen Substanz bei der Gesamt-Gewichtsbestimmung hätte verdeckt werden können, dürfte als sicher ausgeschlossen betrachtet werden. Die Bilanz der organischen Substanz hat somit bei derartigen Versuchen nur einen bedingten Wert, und wir haben deshalb bei späteren Versuchen von einer Bestimmung dieser Substanz gänzlich Abstand genommen.

2. Asche. Die Menge der unverbrennlichen Mineralbestandteile darf im Grunde genommen selbstverständlich keine Veränderungen erleiden. Infolge unvermeidlicher Fehler werden jedoch stets kleine Differenzen zur Beobachtung gelangen und letztere bieten deshalb einen willkommenen Massstab für die Genauigkeit der gesamten Methodik. Die Bilanz der Mineralbestandteile stellt sich bei vorliegenden Versuchen in Prozenten der ursprünglichen Mengen wie folgt:

in	11	Fällen	bis	± 0.5 %
„	3	„	„	± 1.0 „
„	2	„	„	± 1.5 „
„	3	„	„	± 2.0 „
„	3	„	„	± 3.0 „
„	1	Falle	„	± 3.5 „
„	1	„	„	± 4.5 „.

Mit wenigen Ausnahmen ist die erzielte Übereinstimmung eine recht befriedigende, denn Abweichungen von 1—2 % wird man stets in den Kauf nehmen müssen. In denjenigen Fällen, in denen grössere Differenzen auftreten, haben wir vergeblich nach den Fehlerquellen geforscht; wir müssen annehmen, dass uns die Probenahme doch hier und da etwas im Stich gelassen hat.

3. Organische Substanz. Unter der Annahme, dass die oben erwähnten, beim Trocknen eintretenden Verluste ziemlich gleichmässig gewirkt haben, resp. dass die hierdurch bedingten Fehler nicht allzuschwer ins Gewicht fallen, lassen sich an die mitgeteilten Zahlen folgende Bemerkungen knüpfen. Während der ersten 5 Monate ist bei mässiger Durchlüftung die Zersetzung der organischen Substanz recht gering gewesen; eine nennenswerte Wirkung der Konservierungsmittel ist nicht zu konstatieren, dieselbe würde höchstens in ungünstiger Richtung zu suchen sein.

In den folgenden 5 Monaten steigt die Abnahme an organischer Substanz nicht unbedeutend, erreicht aber auch hier nur beim Gipszusatz eine namhafte Höhe. Es dürfte dies daran liegen, dass wir keine künstliche Wärmezufuhr angewandt haben, und dass die in Fäulnis begriffenen Massen zu gering waren, um durch Selbsterhitzung die günstigsten Zersetzungsbedingungen herbeizuführen. Hierzu kommt weiter, dass der Feuchtigkeitsgrad in den Flaschen nur wenig abnahm. Der Einfluss dieses letzteren Umstandes tritt uns in entgegengesetzter Richtung bei den Kastenversuchen deutlich entgegen, denn bei diesen dürfte die Durchlüftung weniger ausgiebig gewesen sein, als bei der zweiten Serie der Flaschenversuche, und trotzdem ist im ersten Falle der Verlust an organischer Substanz bedeutend grösser als im zweiten. Namentlich in der ersten Woche waren überall sehr erhebliche Wasserverluste, 20—23% der Gesamtmasse, zu verzeichnen, und da sich dieser Austrocknungsprozess immer, wenn auch im schwächeren Masse wiederholte, so gestalteten sich die Zersetzungsbedingungen hier viel günstiger als bei den in den Flaschen befindlichen Massen, welche gleichmässig feucht blieben.

Interessanter sind die Ergebnisse der Stickstoffbestimmungen, trotzdem auch diese kein einheitliches Bild zu gewähren vermögen.

Hier muss zunächst vorausgeschickt werden, dass bei sämtlichen 16 Flaschenversuchen ein Entweichen von Stickstoff in Form von Ammoniak nicht konstatiert werden konnte. Die mit titrierter Schwefelsäure beschickten vorderen Vorlagen sind anfangs wiederholt, später nur in grösseren Zwischenräumen untersucht, aber in keinem Falle ergab sich eine Aufnahme nennenswerter Ammoniakmengen. Meist wurde sogar beim Titrieren umgekehrt eine ganz geringe Zunahme der Acidität festgestellt, trotzdem selbstverständlich die etwa vorhandene Kohlensäure durch Kochen ausgetrieben war. Es war infolgedessen denkbar, dass Ammoniak und flüchtige Säuren in die Vorlagen gelangt wären, und dass dann letztere ersteres verdeckt hätten. Wir haben den Inhalt der Vorlagen deshalb mehrfach mit überschüssiger Lauge der Destillation unterworfen, ohne jedoch ein anderes Ergebnis zu erzielen. Das Resultat der Titrationen stellt sich im ganzen wie folgt:

	Anzahl der Titrationen	Zunahme der Acidität	Abnahme auf N berechnet
I. Flasche A 1	6	0.00159	0.00177
I. „ A 2	8	0.00137	0.01171
I. „ B 1	6	0.00811	—
I. „ B 2	8	0.00804	0.00130
II. „ A 1	6	0.00390	0.00096
II. „ A 2	8	0.00471	0.00887
II. „ B 1	6	0.00694	—
II. „ B 2	8	0.00978	0.00355
III. „ A 1	6	0.00521	—
III. „ A 2	8	0.00640	0.00705
III. „ B 1	6	0.00691	—
III. „ B 2	8	0.00914	0.00805
IV. „ A 1	6	0.00674	—
IV. „ A 2	8	0.00533	0.00953
IV. „ B 1	6	0.00752	—
IV. „ B 2	8	0.00688	0.00430

Da auch in den hinteren Schutzvorlagen bei einmaliger Schlusstitration höchstens 0.00298 g Ammoniak-Stickstoff gefunden wurde, so kann von Stickstoffverlusten in dieser Form in irgend beachtenswertem Grade nicht die Rede sein. Die grössten Ammoniakmengen ergeben sich bei I. Flasche A 2, nämlich (0.01171 + 0.00197) 0.01368 g. Im ganzen beträgt jedoch der Stickstoffverlust in diesem Falle 2.76 g, dem gegenüber obige Ammoniakmenge völlig verschwindet.

(Siehe die Tabelle auf Seite 43.)

1. Verluste an Gesamt-Stickstoff. Betrachten wir zunächst die Ergebnisse der Flaschenversuche.

Während der ersten 5 Monate ist der Verlust an Gesamtstickstoff, wenn wir den einen Superphosphatversuch vorläufig unberücksichtigt lassen, sehr gering gewesen; derselbe erstreckt sich nicht viel über die unvermeidlichen Fehlergrenzen. Als jedoch während der folgenden 5 Monate ein konstantes Absaugen der Luft bewirkt wurde, erreichten diese Verluste eine sehr erhebliche Höhe. Wir haben oben gesehen, dass von einem Entweichen von Stickstoff in Form von Ammoniak in nennenswertem Grade nicht die Rede sein kann, und somit haben sich bis zu 42.6 % des ursprünglich vorhandenen Gesamtstickstoffs in elementarer Form verflüchtigt.

Wir haben es hier mit einer Dungmasse zu thun, welche reich ist an leicht zersetzlichen Stickstoffverbindungen, denn bei Gewinnung derselben ging von den flüssigen Exkrementen so

Verluste an resp. bei	Flaschen-Versuche.								Kasten-Versuche.			
	Nach 5 Monaten				Nach 10 Monaten				Nach 5 Monaten			
	Luft über dem Dünger abgesaugt		Luft durch den Dünger durchgesaugt		Luft über dem Dünger abgesaugt		Luft durch den Dünger durchgesaugt		Dünger fest-gestampft		Dünger locker gelassen	
	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
Gesamt-Stickstoff:												
Ohne Zusatz	— 0.27	— **2.70**	— 0.41	— **4.10**	— 2.76	— **27.60**	— 4.26	— **42.60**	— 19.88	— **49.70**	— 18.00	— **51.43**
Gips	— 0.54	— **4.91**	— 0.22	— **2.00**	— 3.39	— **30.82**	— 4.29	— **39.00**	— 17.14	— **38.95**	— 16.88	— **43.84**
„ + Superphosphat	— 0.77	— **6.77**	— 1.95	— **17.14**	— 2.40	— **21.09**	— 3.02	— **26.54**	— 15.28	— **33.56**	— 18.03	— **45.27**
„ + Präcipitat . .	— 0.12	— **1.26**	+ 0.04	— **0.44**	— 0 93	— **9.79**	— 1.65	— **17.37**	— 14.17	— **37.29**	— 12.13	— **36.48**
Ammoniak-Stickstoff:												
Ohne Zusatz	+ 0.37	+ **9.20**	+ 0.24	+ **5.97**	— 2.43	— **60.45**	— 3.51	— **87.31**	— 16.08	— **100**	— 14.07	— **100**
Gips	+ 0.30	+ **6.88**	+ 0.59	+ **13.53**	— 1.74	— **39.91**	— 2.87	— **65.83**	— 11.05	— **63.36**	— 9.43	— **61.79**
„ + Superphosphat	+ 0.48	+ **11.54**	+ 0.08	+ **1.92**	— 0.32	— **7.67**	— 1.37	— **32.93**	— 9.08	— **54.54**	— 8.72	— **59.89**
„ + Präcipitat . .	+ 0.08	+ **1.99**	+ 0.56	+ **13.92**	— 0.84	— **20.90**	— 1.06	— **26.37**	— 13.45	— **83.64**	— 11.33	— **80.53**
Organischer Stickstoff:												
Ohne Zusatz	— 0 64	— **10.70**	— 0.65	— **10.87**	— 0 33	— **5.52**	— 0.75	— **12.54**	— 3.80	— **15.89**	— 3.93	— **18.78**
Gips	— 0.84	— **12.65**	— 0.81	— **12.20**	— 1.65	— **24.85**	— 1.42	— **21.39**	— 6.09	— **22.93**	— 7.45	— **32.06**
„ + Superphosphat	— 1 25	— **17.31**	— 2.03	— **28.12**	— 2.08	— **28.81**	— 1.65	— **22.85**	— 6.20	— **21.47**	— 9.31	— **36.84**
„ + Präcipitat . .	— 0.20	— **3.65**	— 0.52	— **9.49**	— 0.09	— **1.64**	— 0.59	— **10.77**	— 0.72	— **3.24**	— 0.80	— **4.17**

gut wie nichts verloren. Die ammoniakalische Gärung war ferner bereits bei Beginn der Versuche ziemlich weit vorgeschritten; in den Flaschen waren von Anfang an 4.02 bis 4.36 g Ammoniak-Stickstoff vorhanden. Die Durchlüftung begann am zweiten Versuchstage und wurde dann regelmässig wöchentlich 2 mal bewirkt. Für das Entweichen von Ammoniak waren somit (abgesehen von der Anwendung künstlicher Wärme, worauf später zurückzukommen sein wird) die günstigsten Bedingungen geschaffen, trotzdem ist aber ein solches nirgends in berücksichtigungswerten Mengen eingetreten. Während der ersten 5 Monate hat auch sicherlich keine übermässig starke Durchlüftung stattgefunden, zumal in denjenigen Flaschen, in welchen die Luft oberhalb der Fäulnismassen abgesogen wurde; aber auch dieser Umstand hat an der erwähnten Thatsache nichts geändert. Es muss hierauf besonders hingewiesen werden, weil gegen die Ergebnisse des zweiten Versuchsabschnitts, bei welchem kontinuierlich eine kräftige Durchlüftung in Wirksamkeit war, der Einwand erhoben werden könnte, hier seien die Bedingungen für die Entbindung elementaren Stickstoffs in gänzlich unnatürlicher Weise günstig gestaltet. Endlich bleibt es unter allen Umständen beachtenswert, dass bei vorliegender Versuchsreihe auch da, wo namhafte Stickstoffverluste zu verzeichnen sind, diese fast ausschliesslich auf elemtaren Stickstoff entfallen.

Die von KÖNIG und Anderen[1]) gemachte Beobachtung, dass beim Stallmist die durch Verflüchtigung von Ammoniak bedingten Verluste nur gering sind, dass vielmehr der elementare Stickstoff hierbei eine grosse Rolle spielt, findet hierdurch, wenigstens für die gewählten Versuchsbedingungen, eine Bestätigung.

Wir drücken uns absichtlich sehr vorsichtig aus, denn die grosse Bestimmtheit, mit welcher IMMENDORFF[2]) behauptet,

1. die Hauptursache für die Verluste an gebundenem Stickstoff, die der Stallmist bei der gebräuchlichen Behandlung erleidet, haben wir in der Verflüchtigung von Ammoniak zu suchen,
2. die Bildung von elementarem Stickstoff ist nur in ganz untergeordneten Massen bei der Hervorbringung dieser Verluste beteiligt,

halten wir mindestens gesagt für stark verfrüht, und möchten wir nicht gern in einen ähnlichen Fehler verfallen.

[1]) KÖNIG, Stickstoffvorrat S. 84.
[2]) Journal für Landwirtschaft 1894, S. 78.

Wie sind nun aber die sehr bedeutenden Verluste an elementarem Stickstoff zu erklären? Wir waren anfangs geneigt, den Denitrifikationsprozessen bei unseren Versuchen eine untergeordnete Rolle zuzuweisen, indem wir folgende Begründung aufstellten. Bei derjenigen Versuchsreihe, bei welcher die Luft nur über dem Dünger abgesaugt worden war, liesse sich dieser Verlust vielleicht ausschliesslich auf die Thätigkeit von Denitrifikationsorganismen zurückführen. Man würde anzunehmen haben, dass der Luftzutritt zu den oberen Schichten genügt hätte, um eine lebhafte Nitrifikation zu bewirken, und dass der gebildete Salpeter auf dem Wege der Diffusion in die unteren Schichten gelangt und hier bei Sauerstoffmangel der Denitrifikation anheimgefallen wäre. Bei der zweiten Versuchsreihe hat jedoch eine so kräftige Durchlüftung der faulenden Massen stattgefunden, dass hier von einem Sauerstoffmangel überhaupt nicht die Rede sein kann. Wir stellten uns somit, wie bereits oben erwähnt, auf den Ehrenberg'schen Standpunkt, dass bei Sauerstoffzutritt Denitrifikation ausgeschlossen sei. Neuerdings haben wir uns jedoch davon überzeugt, dass auch bei kräftigster Durchlüftung Salpeter aus Fäulnisgemischen zum Verschwinden gebracht wird.[1]) Hierbei ist wohl kaum an einen Reduktionsprozess auf chemischem Wege zu denken, so dass in diesen speciellen Fällen als einzige Möglichkeit die durch Sauerstoff unbehinderte Thätigkeit von Mikroorganismen übrig bleibt. Es kann demnach nicht mehr als völlig ausgeschlossen bezeichnet werden, dass sämtlicher Stickstoff auf diese Weise entwichen ist. Allerdings müsste dann auch der Nitrifikationsprozess ein äusserst lebhafter gewesen sein. Die Thatsache, dass man im Stallmist keine grösseren Mengen Salpeter zu finden pflegt, würde dem nicht widersprechen. Die Nitrifikation kann durch Abschluss der Luft resp. durch die zugesetzten Konservierungsmittel verhindert, die Denitrifikation aber durch mangelhafte Behandlung gefördert werden.

Andererseits bleibt aber auch die Möglichkeit bestehen, dass es überhaupt nicht zur Bildung von Nitraten gekommen ist, dass der elementare Stickstoff vielmehr direkt auf dem Wege der Oxydation aus den organischen Stickstoffverbindungen resp. dem Ammoniak abgespalten ist.

---

[1]) Die betreffenden Versuche sind noch nicht abgeschlossen und werden deshalb erst später nähere Berücksichtigung finden.

Die erhöhten Stickstoffverluste bei vermehrter Sauerstoffzufuhr, die sich fast überall bemerkbar machen — man vergleiche die Parallelversuche nach 5 resp. 10 Monaten, sowie Luft abgesaugt resp. durchgesaugt — sind hiermit sehr wohl in Einklang zu bringen. Ob die fraglichen Oxydationsvorgänge eventuell zunächst die Entstehung von Stickoxyd und durch dessen Einwirkung auf Ammoniak resp. Amine die Entbindung von Stickstoff bewirkt haben, oder ob das Ammoniak direkt „verbrannt" ist, lässt sich ebenfalls nicht entscheiden. Für beide Vorgänge würde die Elementaranalyse stickstoffhaltiger Verbindungen ein Analogon bieten, denn auch bei dieser entsteht bekanntlich sowohl freier Stickstoff, als auch die niedrigste Oxydationsstufe des letzteren.

Eine bestimmte Schlussfolgerung gestatten unsere Versuche somit nicht. Gegen beide Erklärungsweisen lässt sich vorläufig nichts einwenden.

Vergleicht man die Ergebnisse der Kastenversuche mit denjenigen der Flaschenversuche, so springt der durchgreifende Unterschied sofort in die Augen. Während bei ersteren die Stickstoffverluste schon nach 5 Monaten eine bedeutende Höhe erreicht haben, war dies bei letzteren zu dem angegebenen Zeitpunkt, wie bereits erwähnt, durchaus nicht der Fall. Man könnte geneigt sein, auch hierfür ausschliesslich den unbedingt sehr viel stärkeren Luftzutritt verantwortlich zu machen, zumal der locker gelassene Dünger im allgemeinen etwas grössere Verluste aufweist. Berücksichtigt man jedoch, dass bei 5 monatlicher kräftigster Durchlüftung der Flaschen (Reihe II) die Verluste noch nicht die Höhe erreichen, wie solche die Kastenversuche aufweisen, so drängt sich die Überzeugung auf, dass bei letzteren noch ein anderes Moment mitgewirkt haben muss. In dieser Beziehung dürfte zu berücksichtigen sein, dass einerseits bei den grösseren Versuchsmassen Temperaturerhöhungen eingetreten sein können (dieselben sind leider nicht gemessen), und dass andererseits ein abwechselndes Austrocknen und Wiederanfeuchten stattgefunden hat. Beide Umstände müssen das Entweichen von Ammoniak begünstigen, und wir glauben daher annehmen zu sollen, dass hier die Stickstoffverluste sowohl auf Ammoniak-Stickstoff, als auch auf elementaren Stickstoff entfallen. Ein sicherer Beweis lässt sich aus leicht erklärlichen Gründen hierfür nicht erbringen.

Die Wirkung der Konservierungsmittel ist eine ziemlich unregelmässige. Dem Gips würde man nach den Flaschenversuchen völlige Wirkungslosigkeit zuzuschreiben haben. Gips plus Superphosphat hat in einem Falle die Verluste vermehrt, was vielleicht so erklärt werden kann, dass bei Gegenwart von Phosphaten und Luft unter den gewählten Verhältnissen die ammoniakalische Gärung am lebhaftesten verläuft (cfr. Verlust an organischem Stickstoff), und dass das gebildete Ammoniak nicht schnell genug gebunden zu werden vermochte, um so der Zersetzung zu entgehen. Doch darf auf diesen einzelnen Versuch selbstverständlich kein grösserer Wert gelegt werden. In den übrigen Fällen sind die Stickstoffverluste mehr oder weniger, aber immerhin nicht sehr stark herabgedrückt. Am günstigsten hat Gips plus Präcipitat gewirkt, aber einen Grund hierfür vermögen wir nicht anzugeben. Bei den Kastenversuchen liegen die Verhältnisse ähnlich, nur dass hier die Wirkung der Konservierungsmittel teilweise noch weniger deutlich hervortritt.

2. Verluste an organischem Stickstoff resp. Überführung desselben in Ammoniak-Stickstoff.

Vorausgeschickt werden muss, dass die Dungmassen, trotzdem dieselben 24 Stunden nach der Produktion in Arbeit genommen wurden, bereits beim Füllen der Gefässe grosse Mengen Ammoniak-Stickstoff enthielten; vom Gesamt-Stickstoff entfielen rund 40% auf Ammoniak. An dem heissen Julitage hatte somit die ammoniakalische Gärung in ausserordentlich rapider Weise eingesetzt, und es ist daher nicht zu verwundern, dass dieselbe späterhin nur noch in beschränktem Masse auftreten konnte; die am leichtesten zerfallenden organischen Verbindungen waren bereits bei Beginn der Versuche zerlegt.

Mutatis mutandis lässt sich ganz allgemein konstatieren, dass die Umsetzungen um so kräftiger verlaufen sind, je stärker und je länger die Dungmassen mit Luft in Berührung gebracht werden, was auch in der Natur der die ammoniakalische Gärung bewirkenden Mikroorganismen begründet liegt. Ein Zusatz von Gips resp. von Gips plus Superphosphat hat die Zersetzung der organischen Stickstoffverbindungen befördert, während das Präcipitat die umgekehrte Wirkung erzielt hat. In letzterem Umstand liegt vielleicht eine Erklärung dafür, dass die Verluste an Gesamt-Stickstoff durch Präcipitat-Zusatz am meisten herabgedrückt worden sind. Die Kastenversuche lassen allerdings einen

Zusammenhang in dieser Richtung vermissen, denn hier sind die Stickstoffverluste ziemlich gross, trotzdem die organischen Stickstoffverbindungen nur eine minimale Einbusse erlitten haben. Von einer Deutung dieser Vorgänge müssen wir, zumal sich dieselben widersprechen, Abstand nehmen.

3. Verluste an Ammoniak-Stickstoff. Während der ersten 5 Monate hat bei den Flaschenversuchen der Ammoniakstickstoff eine Zunahme erfahren, welche natürlich dadurch bedingt ist, dass die Zersetzungsvorgänge der organischen Stickstoffverbindungen grösser gewesen sind, als die Oxydationsprozesse. Ferner kommt in den mitgeteilten Zahlen die Ammoniakbindung nicht rein zum Ausdruck, denn in denjenigen Fällen, in welchen grössere Mengen organischen Stickstoffs der ammoniakalischen Gärung anheimgefallen sind, erscheint der Ammoniakverlust relativ niedrig und umgekehrt. Wir haben deshalb die Summen des ursprünglich vorhandenen und des aus organischen Verbindungen entstandenen Ammoniak-Stickstoffs berechnet, hiervon die am Schluss vorhandenen Mengen in Abzug gebracht und die Differenzen in nachstehender Tabelle als Verluste aufgeführt. Die beigefügten prozentischen Verlustziffern beziehen sich natürlich auf obige Summen. Dies Verfahren gründet sich auf die Annahme, dass bei der Spaltung organischer Stickstoffverbindungen sämtlicher Stickstoff in Ammoniak übergeht und nicht etwa zum Teil direkt in elementarer Form entweicht. Bei der starken Durchlüftung wäre letzteres immerhin denkbar; eine sichere Entscheidung ist nicht zu treffen.

Verluste an Ammoniak-Stickstoff (Summe des vorhandenen und gebildeten) bei	Flaschen-Versuche.								Kasten-Versuche.			
	Nach 5 Monaten				Nach 10 Monaten				Nach 5 Monaten			
	Luft über dem Dünger abgesaugt		Luft durch den Dünger durchgesaugt		Luft über dem Dünger abgesaugt		Luft durch d. Dünger durchgesaugt		Dünger festgestampft		Dünger locker gelassen	
	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
Ohne Zusatz . .	0.27	**5.79**	0.41	**8.78**	2.76	**63.45**	4.26	**88.93**	19.88	**100**	18.00	**100**
Gips-Zusatz . .	0.54	**10.38**	0.22	**4.26**	3.39	**56.41**	4.29	**74.22**	17.14	**72.84**	16.88	**74.32**
Gips + Superphosphat . .	0.77	**14.23**	1.95	**31.50**	2.40	**38.46**	3.02	**51.98**	15.28	**66.90**	18.03	**75.53**
Gips + Präcipit.	0.12	**2.84**	+0.04	**+ 0.90**	0.93	**22.63**	1.65	**35.79**	14.17	**84.34**	12.13	**86.21**

Hier tritt uns die merkwürdige Wirkung des Superphosphatzusatzes bei Untersuchung des Flascheninhalts nach 5 Monaten noch prägnanter entgegen als bei Betrachtung der Gesamt-Stickstoff-Verluste. Die Annahme, dass dieses Präparat unter den gerade herrschenden Bedingungen eine stärkere Nitrifikation (und dann Denitrifikation) resp. eine vermehrte Oxydation der Ammoniakverbindungen bewirkt haben sollte, findet in keiner bislang bekannten Thatsache eine Stütze. Aber andererseits haben wir trotz mehrfacher Wiederholung der Analysen keinen Versuchsfehler zu entdecken vermocht. Es ist für uns einer jener unaufgeklärt bleibenden Widersprüche. Ähnliches gilt in umgekehrter Richtung von der Wirkung des Präcipitats. Warum dieses bei den Flaschenversuchen durchweg ein besseres Amoniakbindevermögen äussert, wie selbst das Superphosphat, ist uns geradezu rätselhaft, zumal bei den Kastenversuchen das entgegengesetzte Verhalten in normaler Weise zu Tage tritt. Gips und Superphosphat haben im übrigen auf die Ammoniakbilanz ihren bekannten Einfluss geltend gemacht; während aber ersterer allein die Verluste wenig herabzusetzen vermochte, hat eine weitere Zugabe von Superphosphat in dieser Beziehung recht günstig gewirkt. Die Gesamt-Stickstoff-Verluste bleiben hierdurch natürlich unberührt.

II.

Fassen wir die Ergebnisse obiger Versuche zusammen, so müssen wir bekennen, dass dieselben unsere Kenntnisse über die Wirkung der einzelnen Konservierungsmittel wenig gefördert haben. Es treten uns in dieser Beziehung Erscheinungen entgegen, welche entweder einer bestimmten Deutung entbehren, oder welche einander widersprechen. Dagegen glauben wir auf folgendes einiges Gewicht legen zu sollen. In genügend feuchten Dungmassen sind bei mässigem Luftzutritt im Laufe von fünf Monaten auch ohne Zusatz von Konservierungsmitteln keine nennenswerten Stickstoffverluste eingetreten; wurde dagegen in weiteren fünf Monaten die Luft kontinuierlich durch den Dünger durchgesaugt oder auch nur über demselben abgesaugt, so machten sich sehr erhebliche Stickstoffverluste bemerkbar, die fast ausschliesslich auf elementaren Stickstoff entfielen; diese

Verluste wurden weder durch Gips noch durch Superphosphatgips wesentlich eingeschränkt.

Da bei Beurteilung der Konservierungsmittel das Eintreten von Stickstoffverlusten im nichtkonservierten Dünger selbstverständliche Voraussetzung bildet, so müssen bei derartigen Laboratoriumsversuchen möglichst günstige Bedingungen für ein Entweichen des Stickstoffs geschaffen werden. Aus diesem Grunde sind in der Folge die Röhren b (cfr. Fig. 1, S. 34) stets bis auf den Boden der Flaschen geleitet, und ferner ist für ein kontinuierliches Absaugen der Luft Sorge getragen. Die Kastenversuche sind gänzlich in Fortfall gekommen, da dieselben keinen genügenden Einblick in die sich abspielenden Prozesse zu gewähren vermögen.

Aus den in den erwähnten Zusammenkünften der Versuchsleiter gemachten Mitteilungen ging hervor, dass die von Wagner und Stutzer angestellten experimentellen Untersuchungen die Stickstoffverluste im Dünger wesentlich auf Denitrifikationsprozesse zurückführen lassen, indem der Stallmist Mikroorganismen enthält, welche den bei Luftzutritt gebildeten Salpeter zu zerlegen vermögen. Acceptiert man diese Anschauung, wie wir dies versuchsweise mit Vorbehalt gethan haben, so würde es Hauptaufgabe der Düngerkonservierung (soweit die Stickstofferhaltung in Frage kommt) sein, jene Mikroorganismen unschädlich zu machen. Stutzer[1]) hat ferner festgestellt, dass ein Zusatz von 0.3 % H_2SO_4 zu einer mit Jauche infizierten Harnstofflösung genügt, um die ammoniakalische Gärung zu unterdrücken.

Hieraufhin haben wir die Frage experimentell zu beantworten versucht, ob resp. in welchem Grade beim kontinuierlichen Durchsaugen von Luft die ammoniakalische Gärung resp. die Stickstoffverluste überhaupt unterdrückt werden.

a) Bei Zusatz von 0.3 resp. 0.5 % H_2SO_4 zu der mit Jauche infizierten Harnstofflösung, wenn dieser hinterher Torfstreu beigemischt wird (Torfstreu und Harnstofflösung hier, wie überall in einem Verhältnis gemischt, dass die Masse annähernd die Zusammensetzung eines mittleren Stallmistes besitzt).

b) Bei Zusatz von 0.3 resp. 0.5 resp. 1.0 % H_2SO_4 zu der fertigen Harnstoff-Jauche-Torfstreu-Mischung; dies würde etwa dem Besprengen des Mistes in den Stallungen mit verdünnter H_2SO_4 gleichkommen.

[1]) Journal für Landwirtschaft 1894, S. 383.

c) Bei Zusatz von schwefelsäurehaltiger Torfstreu zur fertigen Harnstoff-Jauche-Torfstreu-Mischung, in einem Verhältnis, dass die Gesamtmasse 0.3 resp. 0.5 % H_2SO_4 enthält; Summe der sauren und nicht angesäuerten Torfstreu gleich der bei a und b angewandten Menge; dies würde etwa einer teilweisen Verwendung saurer Torfstreu als Streumaterial in den Stallungen entsprechen.

d) Bei Zusatz von 0.5 resp. 1.0 % wasserlöslicher Phosphorsäure in Form von Doppelsuperphosphat direkt zur Harnstofflösung (wie bei a).

e) Dasselbe als Zusatz zur fertigen Harnstoff-Jauche-Torfstreu-Mischung (wie bei b).

f) Bei Zusatz von Fluorkalium resp. Chlorkalk direkt zur Harnstofflösung (wie bei a).

Durch diese Düngermischungen wurde 5 Monate lang ein gleichmässiger Luftstrom durchgesaugt; dann wurde die Stickstoffbilanz aufgestellt und gleichzeitig geprüft, ob die Mischungen in der von Wagner beim Stallmist beobachteten Art denitrifizierend auf Salpeterlösungen einwirkten.

Harnstofflösung, Jauche, Torfstreu etc. wurden direkt in die betreffenden Flaschen eingewogen, und in diesen erfolgte die Mischung unter Zuhilfenahme eines Holzstabes, welcher mit Wasser wieder abgespritzt wurde. Nach Schluss der Versuche wurde der Inhalt jeder Flasche gut durchgemischt und möglichst quantitativ in flache Aluminiumschalen entleert; je eine kleine Durchschnittsprobe diente zu den Denitrifikationsversuchen, der ganze Rest wurde nach dem Ansäuern getrocknet und dann fein gemahlen. Durch dieses Verfahren glauben wir etwaige Schwierigkeiten bei der Probenahme möglichst vollständig umgangen zu haben; die Mengen des in die Flaschen eingefüllten Stickstoffs liessen sich mit der gleichen Schärfe, wie die am Schluss noch vorhandenen, ermitteln. Einzelheiten der Versuchsanordnung ergeben sich aus folgender Übersicht:

(Siehe die Tabelle auf Seite 52.)

Hierzu bleibt noch zu bemerken, dass bei Beginn der Versuche nur die Jauche Ammoniak-Stickstoff[1]) enthielt, wofür bei den weiteren Berechnungen 0.02 g pro Flasche in Ansatz zu bringen waren. Beim Abschluss der Versuche war in den mit

[1]) Mit Magnesia abdestillierbar.

Art der Versuche	In die Flaschen eingewogen: Harnstofflösung g	Torfstreu g	Angesäuerte Torfstreu g	Jauche g	Wasser g	Im Anfang Gesamt-Stickstoff g	Am Schluss: Gesamt-Stickstoff g	Organischer Stickstoff g	Ammoniak-Stickstoff g
Ohne Zusatz	1000	400	—	10	194	7.56	6.84	3.12	3.72
+ 0.3 % H_2SO_4 } direkt zur Harn-	1000	400	—	10	169	7.56	7.04	3.52	3.52
+ 0.5 „ „ } stofflösung	1000	400	—	10	152	7.56	7.10	3.51	3.59
+ 0.3 „ „ } zur fertigen	1000	400	—	10	174	7.56	7.22	3.39	3.83
+ 0.5 „ „ } Mischung	1000	400	—	10	151	7.56	7.12	3.60	3.52
+ 1.0 „ „ }	1000	400	—	10	113	7.56	7.50	3.49	4.01
+ 0.3 „ „ } in Form saurer	1000	260	190	10	97	7.53	6.81	3.82	2.99
+ 0.5 „ „ } Torfstreu	1000	190	285	10	103	7.51	6.91	3.67	3.24
+ 0.5 „ } wasserlösliche P_2O_5 zur	1000	400	—	10	132	7.56	7.55	5.64	1.89
+ 1.0 „ } Harnstofflösung	1000	400	—	10	143	7.56	7.34	5.57	1.75
+ 0.5 „ } wasserlösliche P_2O_5 zur	1000	400	—	10	101	7.56	7.28	3.74	3.53
+ 1.0 „ } fertigen Mischung	1000	400	—	10	96	7.56	7.28	3.99	3.28
+ 0.1 „ KFl } direkt zur	1000	400	—	10	93	7.56	6.70	4.33	2.35
+ 0.3 „ „ } Harnstoff-	1000	400	—	10	117	7.56	6.32	4.36	1.93
+ 0.3 „ Chlorkalk } lösung	1000	400	—	10	124	7.56	6.93	3.98	2.93
+ 0.6 „ „ }	1000	400	—	10	129	7.56	6.83	4.06	2.76

Phosphorsäure resp. Fluorkalium resp. Chlorkalk versetzten Flaschen Salpetersäure nachweisbar, aber die quantitative Bestimmung derselben nach der von uns ausgearbeiteten Methode ergab, dass es sich nur um Spuren handelte. Auf den Gesamtinhalt der Flaschen berechnet fand sich 0.01 bis 0.03 g Stickstoff in Nitratform. In den übrigen Fällen fehlte jede Spur. Trotzdem die Bedingungen für die Nitrifikation günstig waren, indem fast überall reichliche Mengen Ammoniak aus organischen Verbindungen entstanden sind, welche bei kontinuierlichem Luftzutritt oxydiert werden konnten, ist die vorhandene Salpetermenge also auch hier eine minimale. Man könnte geneigt sein, dies so zu deuten, dass die Denitrifikation eine sehr vollständige gewesen wäre. Dem widerspricht jedoch die Thatsache, dass in einzelnen Fällen, wie wir gleich näher sehen werden, kaum nennenswerthe Stickstoffverluste eingetreten, und dass trotzdem Nitrate gar nicht oder nur spurenweise anzutreffen sind. Dies scheint uns dafür zu sprechen, dass die Salpeterbildung eine äusserst schwache gewesen ist. Näheres ergiebt sich aus der Besprechung der einzelnen Versuche.

Obige Zusammenstellung führt dann weiter zu folgenden Verlustziffern, die sich wieder sowohl ihrer absoluten Grösse nach, als auch prozentisch auf die ursprünglich vorhandenen Mengen berechnet, verzeichnet finden. Beim Ammoniak-Stickstoff ist der gleiche Weg mit demselben Vorbehalt eingeschlagen, wie oben (S. 48) angegeben: von der Summe des ursprünglich vorhandenen und durch Zersetzung gebildeten Ammoniak-Stickstoffs ist der am Schluss noch vorhandene abgezogen.

(Siehe die Tabelle auf Seite 54.)

Die Stickstoffverluste sind hier überall im Vergleich zu den oben besprochenen Versuchen ganz auffallend niedrig. Während z. B. in letzterem Falle der Gesamtstickstoffverlust bei kontinuierlicher Durchlüftung ohne Zusatz eines Konservierungsmittels bis auf 42.60 % steigt, erreicht derselbe hier unter gleichen Bedingungen nur die Höhe von 9.52 %. Die Erklärung hierfür muss in dem verschiedenen Versuchsmaterial gesucht werden. Bei der ersten Versuchsserie wurde ein Gemenge von festen und flüssigen Rindviehexkrementen mit Torfstreu benutzt, hier dagegen Torfstreu, welche mit einer durch geringe Jauchemengen infizierten Harnstofflösung getränkt war. Der Gedanke liegt

daher nahe, dass es an Denitrifikationsbacillen gefehlt haben könnte, und thatsächlich vermochten die am Schluss entnommenen Proben der Dungmassen, mit Salpeterlösungen in Berührung gebracht, keine Nitratverluste zu erzeugen. Ferner ist folgendes zu berücksichtigen. In die mit titrierter Schwefelsäure beschickten Vorlagen ist auch dieses Mal kein Ammoniak gelangt; es ergab sich sogar überall eine minimale Zunahme der Acidität (bis 0.0010 g Stickstoffwert). Der Stickstoff muss somit seiner ganzen Menge nach in elementarer Form entwichen sein. Nimmt man hierfür die Thätigkeit der denitrifizierenden Mikroorganismen in Anspruch, so ist nicht einzusehen, warum diese ihr Zerstörungswerk nicht weiter fortgesetzt haben, resp., falls es an dem nötigen Salpeter gefehlt hat, warum sie am Schluss der Versuche bei Darbietung reichlicher Nitratmengen nicht in Funktion getreten sind. Wir sind daher geneigt, unsere Versuchsergebnisse so zu deuten, dass wir die beobachteten Stickstoffverluste in vorliegenden Fällen mindestens zum überwiegend grossen Teil auf Oxydationsprozesse zurückführen, welchen die Ammoniakverbindungen direkt unterworfen sind, während wir den Denitrifikationsbacillen eine minimale Rolle zuschreiben möchten.

Art der Versuche	Gesamt-N		Verlust an organischem N (umgesetzt)		Ammoniak-N (ursprünglich vorhanden u. gebildet)	
	g	%	g	%	g	%
Ohne Zusatz	0.72	9.52	4.42	58.62	0.72	16.21
+ 0.3 % SO_3 zur direkten Harnstofflösung	0.52	6.88	4.02	53.32	0.52	12.87
+ 0.5 „ „ zur direkten Harnstofflösung	0.46	6.08	4.03	53.45	0.46	11.36
+ 0.3 „ „ zur fertigen Mischung	0 34	4.50	4.15	55.04	0.34	8.15
+ 0.5 „ „ zur fertigen Mischung	0.44	5.82	3.94	52.25	0.44	11.11
+ 1.0 „ „ zur fertigen Mischung	0.06	0.79	4.05	53.71	0.06	1.47
+ 0.3 „ „ in Form von saurer Torfstreu	0.72	9.56	3.69	49.13	0.72	19.41
+ 0.5 „ „ in Form von saurer Torfstreu	0.60	7.99	3.82	51.00	0.60	15.63
+ 0.3 „ wasserlösl. P_2O_5 direkt zur Harnstofflösung	0.01	0.13	1.90	25.20	0.01	0.52
+ 0.5 „ wasserlösl. P_2O_5 direkt zur Harnstofflösung	0.22	2.91	1.97	26.13	0.22	11.17
+ 0.3 „ wasserlösliche P_2O_5 zur fertigen Mischung	0.28	3.74	3.80	50.40	0.28	7.35
+ 0.6 „ wasserlösliche P_2O_5 zur fertigen Mischung	0.28	3.74	3.55	47.08	0.28	7.86
+ 0.1 „ KFl direkt zur Harnstofflösung	0.86	11.38	3.21	42.57	0.86	26.79
+ 0.3 „ „ direkt zur Harnstofflösung	1.24	16.40	3.18	42.18	1.24	39.12
+ 0.3 „ Chlorkalk direkt zur Harnstofflösung	0.63	8.33	3.56	47.21	0.63	17.70
+ 0.6 „ „ direkt zur Harnstofflösung	0.73	9.66	3.48	46.15	0.73	20.92

Stellt man sich auf diesen Standpunkt, so kann, wie bereits oben angedeutet wurde, auch die Nitrifikation minimale Grenzen nicht überschritten haben, denn sonst hätten sich grössere Nitratmengen finden müssen. Als eine weitere Schlussfolgerung wäre ausserdem zu konstatieren, dass es bei der ersten Versuchsserie weder an Nitrifikations- noch an Denitrifikations-Erregern gefehlt haben könnte, da man anderenfalls bei der Erklärung der bei den Gesamtstickstoffverlusten obwaltenden grossen Differenzen auf neue Schwierigkeiten stossen würde. Es stehen sich z. B. folgende Parallelfälle gegenüber:

	Ammoniak-Stickstoff ursprünglich vorhanden und gebildet	Gesamt-stickstoff-verlust
Versuchsserie I	4.79 g	4.26 g.
„ II	4.44 „	0.72 „

Fast völlig gleiche Mengen Ammoniakstickstoff sind also in einem ganz ungemein verschiedenen Masse den zersetzenden Einflüssen dieser oder jener Art anheimgefallen. Da die Durchlüftung mutatis mutandis die gleiche gewesen ist, so muss auch die direkte Oxydation ziemlich gleichmässig gewirkt haben. Es bleibt daher nur übrig, für die erste Versuchsserie eine energische Nitrifikation resp. Denitrifikation, oder aber die Möglichkeit einer aktiven Beteiligung von Mikroorganismen bei der Oxydation des Ammoniaks — an denen es bei der zweiten Versuchsserie gefehlt haben müsste — anzunehmen. Letztere Eventualität kann nicht als absolut ausgeschlossen bezeichnet werden, aber es scheint uns verfehlt zu sein, schon an dieser Stelle diesbezügliche Spekulationen anzustellen.

Durch die verschiedenen Zusätze ist die Stickstoffbilanz in sehr verschiedener Weise beeinflusst worden. Da die Verluste an und für sich keine bedeutende Höhe erreicht haben, so sind die beobachteten Differenzen allerdings nicht sehr gross, aber die gewählten Methoden der Probenahme u. s. w. schliessen, worauf bereits hingewiesen wurde, auch jede grössere Fehlerquelle aus, so dass selbst kleinere Unterschiede an Bedeutung gewinnen.

Bei der ohne Zusatz gelassenen Probe hat die ammoniakalische Gärung in normaler Weise eine ziemlich bedeutende Höhe erreicht, denn 58.62 % des organischen Stickstoffs sind ihr anheimgefallen, während diese Zahl bei der ersten Versuchsserie aus dem dort angegebenen Grunde weit niedriger geblieben

war. Trotzdem ist aber, wie gesagt, der Verlust an Gesamt-Stickstoff und dementsprechend auch an Ammoniak-Stickstoff relativ gering. Nitrate waren am Schluss nicht nachweisbar. Geringe Mengen, welche indessen wieder zersetzt sind, dürften aber sicherlich gebildet sein, da solche bei den Versuchen mit Phosphat, Fluorkalium und Chlorkalk nachgewiesen wurden und demnach die nötigen Bedingungen vorhanden gewesen sein müssen.

Der Zusatz von 0.3 resp. 0.5 % Schwefelsäure direkt zur infizierten Harnstofflösung hat gegen alles Erwarten die ammoniakalische Gärung nur unbedeutend herabgedrückt. Dies schliesst natürlich nicht aus, dass die in der Jauche enthaltenen Bakterien möglicherweise getötet sein können; die Säure würde dann nur nicht genügt haben, um auch die Zersetzungserreger der Torfstreu zu vernichten. Die ungehemmte Ammoniakentwicklung hat weiter zur Folge gehabt, dass die zugesetzte Säure die Stickstoffverluste nicht zu verhindern vermocht hat. Im Laufe des Versuchs entstanden 4.04 resp. 4.05 g Ammoniak-Stickstoff, welche zur vollständigen Bindung 11.54 resp. 11.57 g SO_3 verlangen; dagegen standen nur 4.5 resp. 7.5 g SO_3[1]) zur Verfügung. Aber immerhin bleibt es beachtenswert, dass die Depression der Stickstoffverluste durchaus in keinem Verhältnis zu den vorhandenen Schwefelsäuremengen steht; das Bindungsvermögen der letzteren ist ein viel grösseres, als dies in der Abnahme der Stickstoffverluste zum Ausdruck gelangt.

Die nächsten Versuche, bei welchen die Säuremengen erst der fertigen Harnstoff - Jauche - Torfmischung zugesetzt wurden, lassen ebenfalls kaum eine Abnahme der ammoniakalischen Gärung erkennen, trotzdem hier die Säuregabe bis auf 1 % gesteigert wurde. Etwas günstiger gestaltet sich dagegen die Stickstofferhaltung, die bei der höchsten Gabe fast völlig gelungen ist, was aber auch ganz natürlich erscheinen muss, da reichliche Mengen Säure zur vollständigen Bindung des Ammoniak-Stickstoffs zur Verfügung standen. Die etwas geringeren Verluste schon bei 0.3 resp. 0.5 % Säurezusatz bleiben dagegen unaufgeklärt.

Auch der Säurezusatz in Form von angesäuerter Torfstreu gewährt kein klares Bild, indem die ammoniakalische Gärung

[1]) Das Gesamtquantum ist in allen Versuchen gleichmässig zu 1500 g angenommen, hat aber, da der zum Mischen benutzte Holzstab mit Wasser abgespritzt werden musste, geringe Erhöhungen erfahren. Infolgedessen ist der angegebene prozentische Gehalt an SO_3 nicht ganz genau.

mehr wie in den übrigen Fällen gesunken ist, die Verluste an Gesamt-Stickstoff dagegen auffallend hoch sind, in dem einen Falle sogar höher als ohne Zusatz irgend eines Konservierungsmittels.

Bei sämtlichen Versuchen, bei denen eine Verwendung von Schwefelsäure stattfand, war keine Salpetersäure nachweisbar, und besteht somit hier im Vergleich mit der ohne Zusatz gebliebenen Probe bezüglich der Nitrifikation resp. Denitrifikation kein Unterschied.

Ganz eigenartige Ergebnisse hat die Verwendung von wasserlöslicher Phosphorsäure gezeitigt. Ein direkter Zusatz zu der Harnstofflösung hat die ammoniakalische Gärung sehr bedeutend herabgedrückt, während dies beim Zusatz zur fertigen Mischung in einem weit geringerem Masse der Fall war, und während sich bei der ersten Versuchsserie das umgekehrte Verhalten zeigte. Ein Zufall kann hier kaum im Spiel gewesen sein, denn die beiden Parallelversuche mit wechselnder Phosphorsäuregabe lassen die gleiche Thatsache erkennen; eine Erklärung vermögen wir aber nicht zu finden. Sieht man von dem einen Falle, bei welchem überhaupt kein Stickstoffverlust eingetreten ist, ab, so steht die Verminderung der Stickstoffverluste in keinem Verhältnis zum Ammoniakbindevermögen der Phosphorsäuremengen, gestaltet sich aber günstiger, als bei den Schwefelsäureversuchen. Salpetersäure war in Spuren nachweisbar, so dass die Denitrifikation verhindert sein muss, aber es handelt sich um so geringe Mengen, dass hierauf kein Gewicht gelegt werden darf, zumal wir oben bereits betont haben, dass es wahrscheinlich an Denitrifikationsbacillen gefehlt hat.

Fluorkalium und Chlorkalk haben entschieden vermindernd auf die Zersetzung der organischen Stickstoffverbindungen gewirkt, wenn auch nicht in dem von uns erwarteten Masse. Um so auffallender müssen die für die Stickstoffverluste ermittelten Zahlen erscheinen. Eine Herabsetzung derselben durch Ammoniakbindung war allerdings undenkbar, aber wie kommt es, dass überall umgekehrt im Vergleich mit der ohne Zusatz gebliebenen Probe eine vermehrte Abspaltung von elementarem Stickstoff aus Ammoniak — stets relativ gedacht — stattgefunden hat? Begünstigung der bei der Denitrifikation thätigen Mikroorganismen ist ausgeschlossen, da sich Spuren von Salpeterverbindungen fanden, die direkte Oxydation des Ammoniaks muss also eine

Verstärkung erfahren haben. Sollten hierbei Mikroorganismen zur Geltung kommen, deren Wirksamkeit durch die fraglichen Chemikalien etwa durch Unterdrückung anderer Lebewesen gefördert wird? Wir wagen kaum diese Frage aufzuwerfen und können um so weniger an eine entscheidende Beantwortung derselben herantreten.

Aus dieser zweiten Versuchsserie scheint uns als praktisch verwertbares Endergebnis hervorzugehen, dass die ammoniakalische Gärung auch bei Anwesenheit von 1 % Schwefelsäure kaum beeinträchtigt wird, und dass die Gefahr der Stickstoffverluste erst sicher vermieden wird, wenn die zur vollständigen Bindung des Ammoniaks erforderliche Säuremenge vorhanden ist, eine Forderung, welche für die Praxis undurchführbar sein dürfte.

III.

Durch Bekanntwerden der WAGNER'schen Versuchsresultate über die Wirkung einer Stallmistdüngung neben einer Salpetergabe schien sich die Frage der Stallmistkonservierung mehr und mehr dahin zuzuspitzen, dass ein Mittel zur Unschädlichmachung der die Denitrifikation bewirkenden Mikroorganismen gefunden werden müsse. Einer der Versuchsleiter, G. KALB-Göttingen, machte in gelegentlichen Gesprächen auf die eigenartige Rolle aufmerksam, welche der Kalk beim Nitrifikationsprozess spielt. Dies gab auf Grund getroffener Vereinbarung zur Anstellung der folgenden Versuchsserien Veranlassung.

In den sogen. Salpeterplantagen mengt man bekanntlich Erde einerseits mit verwesenden Pflanzenteilen, Dungstoffen etc., andererseits mit Kalkschutt, gebranntem Kalk und anderen kalkhaltigen Materialien, bringt diese Masse in Haufen zusammen, welche von Zeit zu Zeit mit Jauche übergossen und umgeschaufelt werden und ist dann der Entstehung reichlicher Mengen Salpeter sicher. Der sich hierbei abspielende Prozess ist soweit uns bekannt quantitativ noch nicht näher verfolgt worden. Nach den vorliegenden Beobachtungen sollte man jedoch auf den ersten Blick annehmen, dass hierbei enorme Stickstoffverluste eintreten müssten; zunächst durch Entweichen von Ammoniak, wofür die drei Faktoren Wärme, Durchlüftung und Gegenwart von kohlensaurem Kalk anscheinend die günstigsten Bedingungen schaffen; und sicherlich findet ein solches auch statt, aber grosse Mengen

bleiben immerhin der nachfolgenden Nitrifikation erhalten. Weiter hätte man, und das ist der Kardinalpunkt, auf den es hier ankommt, an die Denitrifikation zu denken. In den zugesetzten Dungmassen sind nach Wagners Untersuchungen die nötigen Mikroorganismen enthalten und diese müssten in dem sich bildenden Salpeter willkommene Nahrung finden. Ein derartiger Prozess findet aber offenbar nicht statt, denn da, wo derselbe einmal eintritt, macht er nicht so leicht Halt. In den Salpeterplantagen muss demnach irgend ein Faktor in Wirksamkeit sein, welcher die Denitrifikation verhindert, und es schien durchaus nicht ausgeschlossen zu sein, dass wir diesen in der Gegenwart von Kalk zu suchen haben, zumal für die Notwendigkeit der Anwesenheit des letzteren bei der Nitrifikation bislang keine vollgiltige Erklärung vorliegt.

Die Verwendung von Kalk als Zusatzmittel zum Stallmist ist auch durchaus nicht neu. E. v. Wolff[1]) fand z. B. bei diesbezüglichen Versuchen folgende Verlustzahlen für Gesamt-Stickstoff:

Mist		
Ohne Zusatz	+ ca. 2.3 % Ätzkalk	+ ca. 1.7 % Gips
32.4 %	7.5 %	22.5 %.

Dabei ist der Gehalt an Nitratstickstoff bei Zusatz von Ätzkalk der höchste, und dieser günstige Einfluss des Ätzkalks tritt noch schärfer hervor, wenn man berechnet, wieviel Prozent des ursprünglich vorhandenen Gesamt-Stickstoffs in Salpetersäure übergegangen sind; man findet dann:

Mist		
Ohne Zusatz	+ Ätzkalk	+ Gips
6.22 %	9.40 %	3.18 %.

Hierbei ist besonders zu betonen, dass nach Wolff's Angabe „der mit Kalk versetzte Mist zufällig etwas weniger fest in die Kiste eingestampft war", dass die Bedingungen zu Stickstoffverlusten hier daher besonders günstig waren, letztere sich aber trotzdem auffallend niedrig gestaltet haben. Die stärkere Nitrifikation bei Anwesenheit von Ätzkalk, namentlich im Vergleich zum Gips, kann natürlich einfach auf eine Begünstigung dieses Prozesses selbst zurückgeführt werden; aber andererseits scheint uns die Möglichkeit nicht ausgeschlossen zu sein, dass durch den Ätzkalk eine Vernichtung der Denitrifikationsbacillen

[1]) Landwirtschaftliche Versuchs-Stationen 1, S. 141.

stattgefunden hat, und dass sich hierdurch die in zweifacher Richtung sehr günstige Wirkung des Ätzkalks — zum Teil wenigstens — erklärt.

Der gegen diese Versuche von Immendorff[1]) resp. Heiden erhobene Einwand ist nicht stichhaltig. Falls „bei der Aufbewahrungsart des Düngers in hölzernen Kisten ein Teil der gelösten Stoffe in das Holz eingedrungen ist", so sind die bei Zusatz von Ätzkalk eingetretenen geringen Stickstoffverluste um so bemerkenswerter.

Einer unserer hervorragendsten Landwirte durchschichtet ferner schon seit Jahren den lagernden Stallmist mit Mergel und berechnet sich aus diesem Verfahren wesentliche Vorteile.

Es darf jedoch nicht verschwiegen werden, dass auch entgegengesetzte Versuchsergebnisse vorliegen, so z. B. diejenigen von Birner und Brimmer,[2]) aber sicher entschieden ist die Frage unserer Ansicht nach durchaus noch nicht.

Um zunächst festzustellen, ob die Denitrifikation durch Zusatz von Ätzkalk resp. kohlensaurem Kalk verhindert wird, haben wir den von Wagner angegebenen Weg beschritten, indem wir frischen Pferdekot mit verschiedenen Zusätzen auf Salpeterlösungen einwirken liessen. Gleichzeitig suchten wir uns für den Fall, dass dem Kalk die vermutete Wirkung zukommen sollte, über die Ursache der letzteren zu orientieren. Wir gingen hierbei von folgenden Überlegungen aus. Der Kalk kann ein Gift für die betreffenden Mikroorganismen sein und dieselben daher direkt abtöten. Es ist zweitens denkbar, dass bei der Fäulnis sich Stoffe bilden, welche die Entwickelung jener Mikroorganismen begünstigen, und welche durch Kalkzusatz vernichtet werden. Wir haben hierbei die organischen Säuren resp. deren Ammoniaksalze im Auge und erinnern diesbezüglich an die von Tacke[3]) mitgeteilte Beobachtung, dass die mit Salpeter versetzten Gärgemische, aus welchen unter Entbindung von elementarem Stickstoff die Salpetersäure verschwand, schwach sauer reagierten. Eine dritte Möglichkeit ist darin zu suchen, dass freies Ammoniak, welches durch den Ätzkalk in grösseren Mengen gebildet wird, die Entwicklung der Denitrifikationsbacillen beeinträchtigt.

Die beiden hierher gehörigen Versuchsreihen gestalteten sich deshalb wie folgt: Je 100 g frischer Pferdekot wurden teils

[1]) Journal für Landwirtschaft 1892, S. 3.
[2]) König, Stickstoffvorrat S. 63.
[3]) Landwirtschaftliche Jahrbücher 1887, S. 933.

ohne Zusatz, teils mit verschiedenen Zusätzen 24 Stunden stehen gelassen; letzteres geschah, um die etwaige Wirkung der Zusätze auf Mikroorganismen zur Geltung zu bringen. Die Zusätze bestanden — für 2 Proben immer gleichmässig — aus:

1. 0.5 g } eines Gemisches von Buttersäure, Kapronsäure und
2. 1.0 „ } Kaprinsäure zur Prüfung, ob hiedurch Beschleunigung der Denitrifikation bedingt sei,
3. 0.5 „ Säuregemisch + 1 g Ätzkalk } zur Prüfung der
4. 0.5 „ „ + 3 „ „ } Kalkwirkung
5. 0.5 „ „ + 1 „ kohlens. Kalk } neben Säure-
6. 0.5 „ „ + 3 „ „ „ } wirkung,
7. 0.5 „ Schwefelsäure

und nach Abschluss dieser Versuchsreihe aus:

1. 0.5 g Stickstoff in Form von freiem Ammoniak,
2. 0.1 „ „ „ „ „ „ „
3. 0.2 „ „ „ „ „ „ „
4. 0.5 „ Ätzkalk,
5. 1.0 „ „
6. 2.0 „ „
7. 3.0 „ kohlensaurem Kalk.

Die so vorbereiteten Proben wurden dann gleichmässig mit 1500 ccm einer Salpeterlösung ($2^1/_2 : 1000$) übergossen, hiermit gut durchgeschüttelt und bei Zimmertemperatur in lose verschlossenen Flaschen stehen gelassen. Von der möglichst klaren Flüssigkeit wurden von Zeit zu Zeit je 50 ccm abpipettiert und zur Bestimmung des Nitratstickstoffs verwandt. Da es sich lediglich um Gewinnung von Vergleichszahlen handelte, so blieb ein eventueller kleiner Fehler bei der Nitratbestimmung — ein gleichmässiges Auftreten vorausgesetzt — ohne Belang. Die von uns ausgearbeitete umständliche Methode brauchte daher nicht in Anwendung gebracht zu werden; wir begnügten uns vielmehr damit, die Flüssigkeit mit Kalilauge so lange zu kochen, bis kein Ammoniak mehr entwich, worauf in bekannter Weise mit Zink-Eisen reduziert wurde. Da die vorhandenen Mengen organischen Stickstoffs sehr gering waren, so muss das hierdurch etwa bedingte Plus minimal und in allen Fällen annähernd gleich gewesen sein. Vielleicht sind die am Schluss stets noch gefundenen Spuren Nitratstickstoff ganz oder zum Teil hierauf zurückzuführen.

Die Gärung setzte da, wo sie nicht unterdrückt wurde, ziemlich gleichmässig am 2. oder 3. Tage ein und erreichte nach weiteren 2 bis 3 Tagen ihren Höhepunkt, was man an der lebhaften Entwickelung von Gasblasen deutlich wahrnehmen konnte.

Die Ergebnisse der Analysen finden sich in folgender Tabelle verzeichnet:

Nitrat-Stickstoff in 50 ccm		Am 1. Tage	Nach 2 Tagen	Nach 9 Tagen	Nach 16 Tagen	Nach 23 Tagen	Nach 30 Tagen
Ohne Zusatz	a	0.0192	0.0194	0.0119	0.0053	—	—
	b	0.0192	0.0189	0.0067	0.0006	—	—
+ 0.5 g Säuregemisch . .	a	0.0192	0.0191	0.0081	0.0013	—	—
	b	0.0192	0.0198	0.0081	0.0000	—	—
+ 1.0 g Säuregemisch . .	a	0.0192	0.0194	0.0093	0.0039	—	—
	b	0.0192	0.0191	0.0053	0.0003	—	—
+ 0.5 g Säuregemisch und 1.0 g Ätzkalk	a	0.0192	0.0203	0.0191	0.0102	0.0036	—
	b	0.0192	?	0.0196	0.0149	0.0067	—
+ 0.5 g Säuregemisch und 3.0 g Ätzkalk	a	0.0192	0.0191	0.0187	0.0187	0.0194	0.0201
	b	0.0192	0.0201	0.0191	0.0187	0.0203	0.0208
+ 0.5 g Säuregemisch und 1.0 g $CaCO_3$	a	0.0192	0.0194	0 0079	0.0013	—	—
	b	0.0192	0 0187	0.0072	0.0010	—	—
+ 0.5 g Säuregemisch und 3.0 g $CaCO_3$	a	0.0192	0.0187	0.0069	0.0015	—	—
	b	0.0192	0.0187	0.0074	0.0020	—	—
+ 0.5 g H_2SO_2	a	0.0192	0.0187	0.0086	0.0025	—	—
	b	0.0192	?	0.0139	0.0050	—	—

Nitrat-Stickstoff in 50 ccm		Am 1. Tage	Nach 3 Tagen	Nach 10 Tagen	Nach 17 Tagen
Ohne Zusatz	a	0.0194	0 0191	0.0098	0.0011
	b	0.0194	0.0191	0.0098	0.0029
+ 0.05 g Ammoniak-Stickstoff	a	0.0194	0.0173	0.0095	0.0029
	b	0.0194	0.0181	0.0095	0.0020
+ 0.1 g Ammoniak-Stickstoff	a	0.0194	0.0176	0.0095	0.0020
	b	0.0194	0.0173	0.0085	0.0011
+ 0.2 g Ammoniak-Stickstoff	a	0.0194	0.0178	0.0083	0.0036
	b	0.0194	0.0166	0.0068	0.0029
+ 0.5 g Ätzkalk	a	0.0194	0.0173	0.0093	0.0029
	b	0.0194	0.0178	0.0103	0.0041
+ 1.0 g Ätzkalk	a	0.0194	0.0181	0.0093	0.0036
	b	0.0194	0.0198	0.0123	0.0072
+ 2.0 g Ätzkalk	a	0.0194	0.0198	0.0192	0.0195
	b	0.0194	0.0198	0.0189	0.0189
+ 3.0 g kohlensaurer Kalk .	a	0.0194	0.0178	0.0103	0.0047
	b	0.0194	0.0176	0.0090	0.0056

Wir entnehmen diesem Zahlenmaterial:

1. Blieb frischer Pferdekot ohne einen anderen Zusatz wie Salpeterlösung, so vermochten die darin enthaltenen Mikroorganismen die vorhandenen Nitrate im Laufe von 9 bis 17 Tagen bis auf Spuren zu zerlegen.

2. Ein Zusatz von organischen Säuren übte keinen Einfluss aus; die Abnahme an Nitratstickstoff blieb sich mit und ohne Zusatz am zweiten, neunten und sechzehnten Tage annähernd gleich.

3. Dasselbe gilt von einer Beigabe geringer Mengen freien Ammoniaks.

4. Auch ein Vermischen des Pferdekots mit 0.5% Schwefelsäure vermochte die Denitrifikation nicht zu beeinträchtigen.

5. Die Wirkung des Ätzkalks trat dagegen deutlich hervor. Der Zusatz von 0.5% zeigte noch keinen Einfluss; 1% erzielte namentlich in der ersten Versuchsreihe eine erhebliche Verzögerung der Denitrifikation, und letztere wurde durch 2, resp. 3% vollständig aufgehoben; nach längerem Stehen war sogar eine ganz geringe Zunahme an Nitratstickstoff eingetreten.

6. Die Beimischung von kohlensaurem Kalk in Mengen von 2 bis 3% hatte höchstens in einem Falle eine unwesentliche Verzögerung der Stickstoffentbindung bewirkt.

Übrigens bleibt bei diesen Versuchen allgemein zu berücksichtigen, dass die zugesetzten Reagentien in der angegebenen Stärke nur 24 Stunden auf die Mikroorganismen einzuwirken vermochten, und dass dann durch Hinzufügen der Salpeterlösung eine sehr erhebliche Verdünnung eintrat. Unter anderen Bedingungen ist daher eine Änderung unserer Ergebnisse nicht ausgeschlossen, wir haben aus denselben aber vorläufig den Schluss zu ziehen, dass eine Beigabe von 2% Ätzkalk genügt, um die Denitrifikationsbacillen abzutöten, während sich unsere sonst gehegten Vermutungen bislang nicht bestätigt haben.

IV.

Im Anschluss hieran sind auch die Durchlüftungsversuche unter specieller Verwendung von Ätzkalk und Mergel als Zusatzmittel fortgesetzt. Dieselben sollten einerseits in der uns hier beschäftigenden Richtung weitere Klärung erbringen, andererseits zum Studium des bislang von uns vernachlässigten Ein-

flusses einer künstlichen Wärmezufuhr auf die Fäulnisvorgänge beitragen und drittens den bei der ersten und zweiten Versuchsserie bezüglich der Wirkung des Superphosphats auf die ammoniakalische Gärung aufgetretenen Widerspruch lösen helfen. Wir wählten daher folgende Versuchsanordnung. Da sich bei der zweiten Versuchsserie unter Verwendung einer Mischung von Torfstreu mit einer durch 10 ccm Jauche infizierten Harnstofflösung gezeigt hatte, dass es in diesem Gärmaterial höchst wahrscheinlich an Mikroorganismen resp. an den zur Entwicklung der letzteren nötigen Bedingungen gefehlt hat, so wurden je 400 g Torfstreu mit 1000 g frischen Rinderharns und 25 g Jauche durchtränkt und dann in nachstehender Weise mit Zusätzen versehen.

4	Proben	blieben	ohne	Zusatz,			
2	„	erhielten	einen	Zusatz	von	1.5 %	wasserlöslicher Phosphorsäure (Superphosphat),
2	„	„	„	„	„	3 „	Ätzkalk,
2	„	„	„	„	„	10 „	„
2	„	„	„	„	„	3 „	kohlens. Kalk,
2	„	„	„	„	„	10 „	„ „
2	„	„	„	„	„	0.1 „	Buttersäure u. s. w.

Die gewählten Mengen Superphosphat erscheinen auf den ersten Blick aussergewöhnlich hoch und entsprechen auch gewiss nicht den in der Praxis üblichen Verhältnissen. Es sollte jedoch die zur vollständigen Bindung des gebildeten Ammoniaks nötige freie und wasserlösliche Phosphorsäure vorhanden sein, so dass unbedingt die günstigsten Bedingungen zur Erhaltung des Stickstoffs geschaffen waren. Die Masse enthielt ca. 0.75 % leicht zersetzlichen Harn- und Jauche-Stickstoff. Reines Monocalciumphosphat würde daher in einem Quantum von ca. 1.9 % P_2O_5 erforderlich gewesen sein; da jedoch Superphosphat auch freie Phosphorsäure enthält, so glaubten wir 1.5 % wasserlösliche Phosphorsäure als ausreichend ansprechen zu können. Ein Zusatz von 3 % Ätzkalk hatte bei den weiter oben besprochenen Versuchen[1]) die Denitrifikation verhindert; hiervon gingen wir aus und machten Parallelversuche mit 10 % Ätzkalk, um namentlich das Entweichen von Ammoniak bei einer so ausserordentlich hohen Gabe zu studieren. Zum Vergleich wurden die Versuche

[1]) Beim Beginne der hier besprochenen Versuche war die zweite Versuchsserie mit Pferdekot-Salpeterlösung noch nicht in Angriff genommen.

mit kohlensaurem Kalk im gleichen Mischungsverhältnis angestellt. Die mit einem Gemisch von Buttersäure, Kapronsäure und Kaprinsäure versetzten beiden Proben sollten zur nochmaligen Kontrole unserer oben (S. 60) ausgesprochenen Vermutung bezüglich eines etwaigen Einflusses dieser Säuren auf die Denitrifikation dienen.

Die Hälfte der angeführten Proben wurde wie bisher bei gewöhnlicher Zimmertemperatur der Gärung überlassen; die andere Hälfte wurde dagegen durch Einsenken der betreffenden Flaschen in ein grosses Wasserbad, dessen Temperatur konstant 30 bis 32° C. betrug, künstlich erwärmt. Die Füllung der Flaschen, Art der Probenahme, kontinuierliche Durchlüftung, Bestimmung des entweichenden Ammoniakstickstoffs erfolgten in der oben angegebenen Weise. Die Gesamtdauer der Versuche erstreckte sich auf 6 Monate.

Sämtliche Flaschen enthielten bei Beginn der Versuche gleichmässig:

400 g	Torf	mit 2.96 g	Gesamt-Stickstoff,	— g	Ammoniak-Stickstoff,
1000 „	Harn	„ 11.63 „	„ „	0.258 „	„ „
25 „	Jauche	„ 0.10 „	„ „	0.102 „	„ „
	Summa	14.69 g	Gesamt-Stickstoff,	0.360 g	Ammoniak-Stickstoff.

Nur bei Flasche 15 (10% kohlens. Kalk, Kälte) waren aus Versehen 1005 g Harn abgewogen, wodurch sich der Gesamtstickstoffgehalt auf 14.75 g erhöht.

Während bei den bisherigen Versuchen sämtlicher Stickstoff, von unwesentlichen Spuren abgesehen, in elementarer Form entwichen war, ergab sich hier ein völlig abweichendes Bild. Nicht allein bei Zusatz von Kalk, resp. unter Verwendung künstlicher Wärme gingen in die Vorlagen recht bedeutende Ammoniakmengen über, sondern auch bei den beiden Proben, welche bei Zimmertemperatur ohne Zusatz eines Präparats genau in der bislang geübten Weise behandelt waren. Diese Thatsache verdient vorweg einer Diskussion unterworfen zu werden, und es folgen deshalb hier zunächst die gefundenen Ammoniakmengen. Dabei ist jedoch zweierlei vorauszuschicken. Einerseits hat eine Übersättigung der vorgelegten Säure leider gelegentlich stattgefunden; der hierdurch bedingte Fehler kann jedoch nicht ausschlaggebend gewirkt haben, denn in einzelnen Fällen, auf welche später hinzuweisen sein wird, decken sich

die Verluste an Gesamtstickstoff fast vollständig mit den in die Vorlagen übergegangenen Ammoniakmengen, so dass bei letzteren unmöglich ein grösseres Defizit eingetreten sein kann, zumal eine Entbindung elementaren Stickstoffs nicht völlig ausgeschlossen ist. Andererseits hat die Titration der vorgelegten Säure nicht immer in gleichen Zwischenräumen an denselben Tagen stattgefunden. Die Angaben in nachstehender Tabelle für die einzelnen Versuchsabschnitte treffen daher nicht genau auf den Tag zu; sie sollen nur ein ganz allgemeines Bild über die Gestaltung der Ammoniakentbindung während des Verlaufs der Gärung liefern und bieten hierfür hinreichende Unterlagen.

	Ammoniak-Stickstoff in den Vorlagen.	Nach 14 Tagen g	Nach weiteren 14 Tagen g	Nach weiteren 4 Wochen g	Nach weiteren 2 Monaten g	Nach weiteren 2 Monaten g	Summe g
Bei 30—32°	Ohne Zusatz	0.0254	0.2277	0.3369	0.5019	0.5327	1.62
	„ „	0.0806	0.2187	0.4294	0.6018	0.3744	1.70
	+ 1.5 % wasserl. P_2O_5 . .	0.0222	—	—	—	—	0 02
	+ 3 „ CaO	0.1433	0.1885	0.5207	0.8316	0.7085	2.39
	+ 10 „ „	0.3661	0.6874	0.6371	0.8636	0.7543	3.31
	+ 3 „ $CaCO_3$	0 1269	0.1874	0.4875	0.7125	1.2967	2.81
	+ 10 „ „	0.2483	0.2458	0.6688	0.8522	0.7734	2.79
	+ ca. 0.1 % Buttersäure .	0.0970	0.2174	0.4772	0.4819	0.6616	1.93
Bei Zimmertemp.	Ohne Zusatz	—	0.0107	0.1226	0 2429	0.3873	0.76
	„ „	—	0.0219	0.2453	0.3602	0.8460	1.47
	+ 1.5 % wasserl. P_2O_5 . .	0.0007	—	—	—	—	—
	+ 3 „ CaO	0.0892	0.0512	0.5012	0.7230	0.7123	2.08
	+ 10 „ „	0.0897	0.0752	0.1916	0.1218	0.9571	2.43
	+ 3 „ $CaCO_3$	0.0018	0.0079	0.1858	0.4079	0.6619	1.26
	+ 10 „ „	0.0068	0.0290	0.1228	0.3695	0.7769	1.30
	+ ca. 0.1 % Buttersäure .	0.0003	0.0220	0.1509	0.4692	1.1161	1.76

Bei den beiden ersten ohne Zusatz gebliebenen Proben waren für das Entweichen von Ammoniak die denkbar günstigsten Bedingungen geschaffen; die Masse enthielt grosse Mengen leicht vergärbarer Stickstoffverbindungen; die Temperatur von 30—32° begünstigte sowohl die Zersetzung der organischen Körper, als auch die Verflüchtigung gasförmiger Produkte und letzteres wurde durch die kontinuierliche Durchlüftung unterstützt. Es hätte Befremden erwecken müssen, wenn sogar unter diesen Verhältnissen kein Ammoniak in den Vorlagen gefunden worden wäre. Aber selbst hier sind die durch Verflüchtigung von Ammoniak bedingten

Stickstoffverluste relativ gering, sie betragen nach 6 Monaten nur 11.03 resp. 11.57 % des ursprünglich vorhandenen Gesamtstickstoffs, während im ganzen, wie wir später sehen werden, 5.21 resp. 5.10 g Stickstoff, d. h. 35.47 resp. 34.72 %, verloren gegangen sind. Wir kommen daher zu dem gleichen Ergebnis, welchem wir bereits oben (S. 44) Ausdruck verliehen haben, dass nämlich die Ammoniakverluste vielfach eine Überschätzung erfahren haben, und sind nunmehr auch in der Lage, den von Immendorff [1]) gegen die König'schen Versuchsergebnisse erhobenen Einwänden entgegenzutreten. König hat beim Absaugen von Luft über Stallmist nur minimale Mengen Ammoniak in den Vorlagen nachweisen können, wozu Immendorff bemerkt: „Die Versuchsanstellung in der vorliegenden Form sagt nichts über die Verflüchtigung von Ammoniak während der Ammoniakgärung aus. Aus den Angaben geht hervor, dass zum ersten Male am 2. Tage nach Beginn des Versuchs ein Luftstrom durch den Apparat geleitet wurde. In diesem Zeitraum ist aber die Ammoniakgärung der leicht zersetzlichen Stickstoffverbindungen längst beendet und das gebildete Ammoniak, das aus dem Apparat nicht entweichen konnte, durch chemische Vorgänge resp. durch Organismen zum Teil wieder festgelegt worden." Die hier ausgesprochene Ansicht, dass man sich wesentlich nur in den ersten 20 Tagen beim lagernden Stallmist vor Ammoniakverlusten — oder sogar, was nach Immendorff ziemlich gleichbedeutend hiermit sein soll, vor Gesamtstickstoffverlusten — zu schützen habe, dürfte mit den bisherigen Erfahrungen nicht in Einklang zu bringen sein, denn diese weisen bekanntlich darauf hin, dass auch die Zeit einen beträchtlichen Einfluss auf fragliche Verluste ausübt. Hierzu kommt, dass bei unseren Versuchen während der ersten 14 Tage kaum nennenswerte Mengen Ammoniak entwichen sind, dass die betreffenden Zahlen im zweiten Monat ihren Höhepunkt erreicht haben, um später wieder zu sinken; indessen ist in den letzten 14 Tagen (was aus der Tabelle nicht hervorgeht) immerhin noch mehr Ammoniak in die Vorlagen gelangt, als in den ersten 14 Tagen. Die Fortsetzung der Immendorff'schen Kritik, welche lautet: „Hätte König seinen Stallmist mit frischem Kuh-, Pferde- oder Schafharn getränkt, und hätte er während der ersten 2—8 Tage dauernd einen Luftstrom durch seinen auf Stalltemperatur erwärmten Apparat geleitet, so würde

[1]) l. c.

er ganz andere Zahlen für die Ammoniak-Verflüchtigung erhalten haben," findet ebenfalls durch unsere Versuche keine Bestätigung, denn die eigentlichen Verluste sind viel später eingetreten. Allerdings macht sich zwischen den König'schen Versuchsergebnissen und den unsrigen ein grösserer Unterschied bemerklich, der aber in dem verschiedenartigen Gärmaterial, in den ungleichen Temperaturverhältnissen, in der verschiedengradigen Durchlüftung hinreichende Erklärung findet, und sicherlich wird man nicht behaupten wollen, dass die von uns gewählten Versuchsbedingungen praktischen Verhältnissen besonders entsprächen.

Aus den bei Zimmertemperatur ohne Zusatz gelassenen Proben ist jedoch gleichfalls Ammoniak entwichen, und zwar in dem einen Falle in nicht geringerem Masse, als bei Anwendung künstlicher Wärmezufuhr. Wie der von Anfang an bei den beiden Parallelproben in fraglicher Richtung bestehende Unterschied zu erklären ist, vermögen wir nicht zu sagen. Vielleicht ist die Masse in dem einen Falle etwas lockerer geblieben als in dem anderen, so dass die Durchlüftung nur in ungleichmässiger Weise zur Wirkung kommen konnte. Hält man sich aber auch an die beiden extremsten Ergebnisse, so sieht man doch, dass die Wärme keinen Faktor abgiebt, welcher in entscheidender Weise die Verflüchtigung des Ammoniaks beeinflusst; ein Verlust von 11.57 % und ein solcher von 5.18 % stehen sich alsdann gegenüber, während die entsprechenden Mittelwerte 11.30 und 7.59 % betragen. Wir betonen dies ganz besonders deshalb, weil wir bei den ersten Versuchsserien nur bei Zimmertemperatur gearbeitet haben. Um so auffallender ist jedoch der bereits erwähnte Unterschied bezüglich des Verhaltens des Ammoniaks. Warum sind früher in keinem Falle nennenswerte Mengen Ammoniak in den Vorlagen nachweisbar gewesen, resp. warum sind hier die geschilderten Verhältnisse eingetreten? Da auch die Durchlüftung die gleiche gewesen ist, so kann es nur an dem Gärmaterial gelegen haben. Wir benutzten:

in der ersten Versuchsserie Torf mit festen und flüssigen Exkrementen,
„ „ zweiten „ „ „ Harnstofflösung und Jauche,
„ „ vierten „ „ „ Rinderharn und Jauche,

und nicht allein der Gesamtstickstoffgehalt, sondern namentlich auch der Gehalt an leicht zersetzlichen Stickstoffverbindungen war infolgedessen im dritten Falle bei weitem am höchsten. In diesen thatsächlichen Verhältnissen muss der Grund zu suchen

sein, aber eine Erklärung wird hierdurch nicht geschaffen. — Das Entweichen des Ammoniaks entfällt hier in noch stärkerem Grade auf die letzten Versuchsabschnitte; der Höhepunkt wird erst im fünften und sechsten Monat erreicht.

Eine Verflüchtigung von Ammoniak bei Zusatz von 1.5% wasserlöslicher Phosphorsäure war nicht zu erwarten und ist auch, von minimalen Spuren abgesehen, nicht eingetreten.

Umgekehrt konnten wir nicht im Zweifel sein, dass eine Beigabe von Ätzkalk eine Steigerung der Ammoniakabgabe bedingen würde; vom kohlensauren Kalk war dies nicht mit gleicher Sicherheit vorauszusehen. In der Wärme trat fragliche Erscheinung von Anfang an bei beiden Präparaten sehr energisch auf und hielt sich bis zum Schluss mit relativ geringen Steigerungen ziemlich gleichmässig. Bei Zimmertemperatur machte sich das Entweichen von Ammoniak anfangs nur in beschränktem Grade bemerkbar, erfuhr jedoch später eine bedeutende Steigerung. Auffallend ist hier die verschiedene Wirkung des kohlensauren Kalks bei wechselnder Temperatur; es sieht fast so aus, als genüge der Faktor Kalkkarbonat allein nicht zum Austreiben des Ammoniaks, als müsse Temperatursteigerung hinzukommen. Einen besseren Überblick über die zur Besprechung stehenden Verhältnisse gewähren nachfolgende Angaben über die prozentischen Verluste, auf ursprünglichen Gesamtstickstoff bezogen:

	Bei 30—32°	Bei Zimmertemperatur
Ohne Zusatz	11.03	5.18
„ „	11.57	10.00
+ 3% CaO	15 59	13.48
+ 10 „ „	22.53	16.54
+ 3 „ $CaCO_3$	19.13	8.58
+ 10 „ „	18.98	8.81.

Wenn man wieder berücksichtigt, dass alle Bedingungen gegeben sind, um ein Entweichen von Ammoniak zu erleichtern, so wird man erstaunt sein, dass der Ätzkalk (in Mengen bis 10%!) sich nicht in höherem Masse als Verlustquelle erwiesen hat. Die Gefahr, hierdurch eine erhebliche Steigerung des sich verflüchtigenden Ammoniaks zu erzielen, ist offenbar bei weitem nicht so gross, wie vielfach angenommen wird. Dagegen hat der kohlensaure Kalk in der Wärme in unerwartetem Grade schädigend gewirkt, ein Ergebnis, für welches abermals eine treffende Deutung fehlt.

Bei den Versuchen unter Zusatz geringer Mengen eines Buttersäuregemisches ist Steigen der Ammoniakabgabe zu ver-

zeichnen; wir konstatieren dies, möchten aber kein grösseres Gewicht darauf legen.

Die Untersuchung der Proben am Schluss der Versuche hat dann weiter zu den in nachstehender Tabelle aufgeführten Verlustziffern geführt. Hierzu ist vorweg zu bemerken, dass der Verlust an Gesamtstickstoff nach dem Gesagten nicht ausschliesslich auf elementaren Stickstoff entfällt, und dass wir deshalb den prozentischen Anteil ermittelt haben, welcher auf letzteren resp. auf Ammoniak-Stickstoff zu rechnen ist. Hierüber geben Spalte 4 und 5 Aufschluss. Die Verluste an Ammoniak-Stickstoff sind in bisheriger Weise auf die ursprünglich vorhandenen und gebildeten Mengen bezogen. Der Versuch mit 10 % Ätzkalk in der Wärme verunglückte bei der Probenahme und muss daher leider bei den weiteren Besprechungen ausscheiden.

		Verluste an							
		Gesamt-Stickstoff		hiervon in Form von		organischem Stickstoff (umgesetzt)		Ammoniak-Stickstoff (ursprünglich vorhanden u. gebildet)	
				Amm.-N	elemt.-N				
		g	%	%	%	g	%	g	%
Bei 30—32°	Ohne Zusatz . . .	5.21	35.47	31.10	68.90	7.11	49.62	5.21	69.75
	„ „	5.10	34.72	33.33	66.67	7.22	50.38	5.10	67.28
	Mit Zusatz von 1.5 % wasserlösl. P_2O_5 .	0.06	0.41	—	—	8.41	58.69	0.06	0.68
	Mit Zusatz von 3 % Ätzkalk	6.57	44.72	36.38	63.62	7.43	51.85	6.57	84.31
	Mit Zusatz von 3 % kohlens. Kalk . .	5.89	40.10	47.71	52.29	7.56	52.76	5.89	74.37
	Mit Zusatz von 10 % kohlens. Kalk . .	7.13	48.54	39.13	60.87	7.45	51.99	7.13	91.29
	Mit Zusatz von ca. 0.1 % Buttersäure .	5.66	38.53	34.90	65.10	7.69	53.66	5.66	70.31
Bei Zimmertemperatur	Ohne Zusatz . . .	4.89	33.29	15.54	84.46	8.00	55.83	4.89	58.49
	„ „ . . .	5.13	34.93	28.66	71.34	7.39	51.57	5.13	66.19
	Mit Zusatz von 1.5 % wasserlösl. P_2O_5 .	0.05	0.34	—	—	9.78	68.25	0.05	0.49
	Mit Zusatz von 3 % Ätzkalk	2.20	14.98	94.55	5.45	8.35	58.27	2.20	25.26
	Mit Zusatz von 10 % Ätzkalk	2.79	18.99	87.10	12.90	7.18	50.10	2.79	37.00
	Mit Zusatz von 3 % kohlens. Kalk . .	1.45	9.87	86.89	13.11	8.63	60.22	1.45	16 12
	Mit Zusatz von 10 % kohlens. Kalk . .	1.46	9.89	89.04	10.96	7.86	54.62	1.46	17.76
	Mit Zusatz von ca. 0.1 % Buttersäure .	6.25	42.55	28.16	71.84	8.01	55.90	6.25	74.67

1. Verluste an Gesamtstickstoff. Neben den oben besprochenen Verlusten durch Entweichen von Ammoniak sind auch hier wieder in der Mehrzahl der Fälle erhebliche Mengen elementaren Stickstoffs frei geworden, die sich bis 4.34 g steigern. Eine Erklärung für diesen Vorgang könnte man zunächst wiederum darin erblicken, dass man eine auf die Thätigkeit von Mikroorganismen gegründete Denitrifikation annimmt. Letztere setzt jedoch selbstverständlich die Bildung von Salpeter voraus, und entsteht daher die weitere Frage, ist solcher in erheblichem Grade entstanden. Am Schluss der Versuche waren überall qualitativ nur ganz minimale Spuren nachweisbar, und da, wo die Diphenylamin-Reaktion am deutlichsten auftrat, ergab die nachfolgende quantitative Bestimmung das Vorhandensein von nur 0.04 g Nitratstickstoff in der Gesamtmasse. Das bedeutet so gut wie nichts. Also auch in denjenigen Fällen (Zusatz von wasserlöslicher Phosphorsäure resp. von Kalkverbindungen bei Zimmertemperatur), in denen elementarer Stickstoff gar nicht oder wenigstens in sehr beschränktem Masse entwichen ist, hat keine Nitrifikation stattgefunden. Man könnte nun sagen, durch die angegebenen Zusätze wäre die Salpeterbildung verhindert und umgekehrt, aber es will uns scheinen, als läge hierin ein sehr gewaltsamer Erklärungsversuch, zu dem man nicht greifen darf. Im allgemeinen begünstigt Gegenwart von Kalk die Nitrifikation; warum sollte hier gerade das Umgekehrte eingetreten sein? Allerdings, das fast völlige Fehlen von salpetersauren Salzen hat auch uns überrascht; die zur Entstehung derselben erforderlichen Bedingungen waren in günstigster Weise vertreten, höchstens kann es an den nötigen Mikroorganismen gefehlt haben, da frischer Rinderharn mit Zusatz von nur 25 ccm Jauche benutzt wurde. Die Thatsache bleibt aber bestehen, und diese führt uns zu der Überzeugung, dass eine Entbindung elementaren Stickstoffs ohne vorherige Nitrifikation stattgefunden hat. Die Möglichkeit einer solchen ist ja schon von verschiedenen Seiten behauptet worden, und auch wir haben dieselbe bereits oben ins Auge gefasst. Bei der ersten Versuchsserie (S. 45) konnte jedoch die Bildung von Nitraten nicht mit genügender Sicherheit als ausgeschlossen bezeichnet werden; bei der zweiten Versuchsserie (S. 53) war dies bereits anders, hier erheben sich die Stickstoffverluste aber überhaupt zu keiner bedeutenden Höhe. Die vorliegenden Versuche scheinen uns deshalb am ge-

eignetsten zu sein, um der erwähnten Hypothese als neue Stütze zu dienen und daraufhin auch Rückschlüsse aufzubauen.

Betrachten wir nun die Einzelresultate.

Die ohne Zusatz gelassenen, bei 30—32° resp. bei Zimmertemperatur aufbewahrten Proben weichen bezüglich der Gesamtstickstoff-Verluste nicht sehr erheblich voneinander ab; grösser sind bereits die Differenzen bei der Verteilung der Gesamtstickstoff-Verluste auf Ammoniak- und elementaren Stickstoff. Das allgemeine Bild ändert sich jedoch nur unwesentlich, wenn wir aus den vier Versuchen Durchschnittswerte berechnen, und werden wir unter Hinweis auf die in der Tabelle aufgeführten Einzelresultate hiervon zur Vermeidung einer gar zu weitschweifigen Diskussion Gebrauch machen. Im Mittel beträgt der Verlust an elementarem Stickstoff 3.68 g, entsprechend 25.24% des ursprünglich vorhandenen Gesamtstickstoffs, während diese Zahlen beim Ammoniakstickstoff auf 1.39 g resp. 9.46% lauten. Hierin kommt zunächst das wieder zum Ausdruck, was oben (S. 67) betont wurde; die Verluste an elementarem Stickstoff sind erheblich grösser, als diejenigen an Ammoniakstickstoff. Vergleichen wir ferner die Ergebnisse der ersten und zweiten Versuchsserie, soweit dies zulässig ist, mit den vorliegenden, so finden wir, dass die letzteren im Hinblick auf die Entbindung elementaren Stickstoffs in der Mitte stehen.

Versuchsserie	Ammoniak-Stickstoff ursprüngl. vorhanden und gebildet[1])	Verlust an elementarem Stickstoff		
			vom Gesamtstickstoff	vom Ammoniakstickstoff
	g	g	%	%
I	4.79	4.26	42.60	88.94
II	4.44	0.72	9.52	16.22
III	7.43	3.68	25.24	49.53.

Um Einwänden vorzubeugen, sei zweierlei bemerkt. Aus den beiden ersten Versuchsreihen liess sich zu diesem Vergleich direkt nur je ein Resultat heranziehen; man wird aber finden, dass die übrigen unter anderen Verhältnissen gewonnenen Ergebnisse sich etwa in gleicher Richtung bewegen. In der ersten Versuchsserie ist ferner die kontinuierliche Durchlüftung erst eingetreten, nachdem durch die betreffenden Proben bereits

[1]) Wir nehmen hierbei an, dass der zersetzte organische Stickstoff zunächst vollständig in Ammoniak übergeht; ob dies absolut richtig, bleibt für unsere Darlegungen belanglos.

während eines Zeitraumes von 5 Monaten Luft in mässigem Grade gesaugt war. Dies ändert aber wenig, da während des ersten Versuchsabschnitts die Verluste sehr gering waren. Im übrigen waren die äusseren Versuchsbedingungen die gleichen. Die Erklärung für die beobachteten Differenzen muss daher unserer Ansicht nach auch hier wieder in dem verschiedenartigen Gärungsmaterial gesucht werden. Bei Gegenwart von Rinderkot (I) sind die grössten, bei Verwendung einer schwach infizierten Harnstofflösung (II) die niedrigsten Verluste zu konstatieren, während infizierter Rinderharn (III), welcher die Entwickelung etwaiger Mikroorganismen günstiger wie reine Harnstofflösung beeinflusst haben dürfte, Mittelwerte liefert. Wir würden es jedoch für verfehlt halten, hieraus unbedingt den Beweis für die denitrifizierende Wirkung des Rinderkots ableiten zu wollen. Eine Entbindung von elementarem Stickstoff hat nach den oben gemachten Ausführungen bei III stattgefunden, ohne dass ein Nitrifikationsprozess vorangegangen wäre. Was zwingt uns zu der Annahme, dass sich dieser Vorgang nicht auch bei I ohne vorherige Bildung von Salpeter abgespielt haben könnte? Nichts, denn bei III hat selbst der Kalkzusatz keine Nitrifikation zu stande gebracht, so dass die Versuchsbedingungen bei I bei fehlendem Kalk durchaus nicht besonders günstig erscheinen.

Unsere Anschauungen über das Entweichen freien Stickstoffs haben im Verlauf dieser Arbeiten mehrfache Wandlungen durchzumachen gehabt, und es liess sich nicht vermeiden, dass dies auch im vorliegenden Referat hier und da aus einzelnen Bemerkungen durchblickt, weil manche Versuchsanordnungen darauf zurückzuführen sind. Wir betonen dies ausdrücklich, um uns vor einem etwaigen Vorwurf, es fänden sich in unserer Ausarbeitung Widersprüche, zu schützen. Aus dem Gesagten geht jedoch hervor, dass wir mehr und mehr der Ansicht zuneigen, für den in Frage stehenden Vorgang, soweit unsere Versuche in Betracht kommen, von einer Beteiligung der Nitrifikation resp. Denitrifikation[1]) Abstand zu nehmen, dass wir uns vielmehr auf den Standpunkt Immendorffs[2]) stellen, welcher schreibt: „Aus meinen Versuchen geht also in erster Linie hervor, dass durch den Verwesungsprozess, bei reichlicher Gegenwart von

[1]) Die Denitrifikationserscheinungen in Salpeterlösungen durch Pferdekot etc. bleiben hierdurch selbstverständlich völlig unberührt.

[2]) Landw. Jahrbücher 21. Bd., S. 317.

Sauerstoff, Stickstoffverluste durch Freiwerden dieses Elementes eintreten können, ohne dass sich dieselben auf die Bildung oder Reduktion von Stickstoffsäuren zurückführen lassen". Hieraus erwächst uns allerdings eine neue Schwierigkeit bezüglich einer Erklärung für die zur Diskussion stehenden Differenzen bei Versuchsreihe I—III. Handelt es sich um einen rein chemischen Prozess, so ist es völlig unverständlich, warum von dem überhaupt zur Verfügung stehenden Ammoniak bei II nur 16.22%, bei III dagegen 49.53% und bei I sogar 88.94% bis zur Abspaltung des elementaren Stickstoffs zersetzt sind. Wir meinen deshalb unter allen Umständen auf eine stärkere oder schwächere Beteiligung von Mikroorganismen, hervorgerufen durch die verschiedenartige Zusammensetzung des Gärmaterials, zurückgreifen zu müssen, nur dass sich dieselbe nicht auf Nitrifikation und Denitrifikation erstreckt, sondern auf andere Weise Abspaltung des Stickstoffs bewirkt. In welchem Stadium der Zersetzung und in welcher Richtung ein derartiges Eingreifen biologischer Prozesse stattfinden könnte, vermögen wir vorläufig nicht anzugeben. Es handelt sich lediglich um eine Hypothese, zu deren Aufstellung wir nach und nach während der Bearbeitung unserer analytischen Ergebnisse gelangt sind, und die uns weiterer Forschung wert zu sein scheint.

Ein Zusatz von 1.5% wasserlöslicher Phosphorsäure hat nicht allein, wie wir oben sahen, das Entweichen von Ammoniak, sondern auch die Abspaltung elementaren Stickstoffs verhindert, und zwar sowohl bei Zimmertemperatur als auch in der Wärme. In dieser Substanz scheinen wir daher, sofern sie in einer die vollständige Bindung des Ammoniaks absolut sichernden Menge verwendet wird, ein souveränes Mittel zu besitzen, um uns auch unter den ungünstigsten Bedingungen vor Stickstoffverlusten jeder Art vollkommen zu schützen; oder anders ausgedrückt, das in Form von phosphorsauren resp. schwefelsauren Salzen gebundene Ammoniak bleibt von einer Zersetzung unter Abspaltung freien Stickstoffs unberührt. Wir konstatieren dies ganz besonders, um hieran eine weitergehende Schlussfolgerung anzuknüpfen. Bei den Phosphorsäureversuchen haben sich grosse Mengen Ammoniak gebildet; die Zersetzung der organischen Stickstoffverbindungen ist eine sehr lebhafte gewesen; elementarer Stickstoff ist aber nicht entwichen und demnach weder durch Oxydation des Ammoniaks, noch direkt aus organischen Körpern

abgespalten. Es ist aber nicht einzusehen, warum letzteres event. nicht auch hier stattgefunden haben sollte, vorausgesetzt, dass es überhaupt eintritt. Auf Grund dieses Umwegs glauben wir daher mit grosser Wahrscheinlichkeit behaupten zu können, dass sämtlicher in elementarer Form entwichene Stickstoff zunächst als Ammoniak vorhanden gewesen und nicht direkt aus organischen Verbindungen hervorgegangen ist, wobei wir selbstverständlich wieder von der Denitrifikation absehen. Für die über die Thätigkeit der Mikroorganismen anzustellenden Erwägungen kann dies von Bedeutung werden.

Da jedoch für die Zwecke der Praxis die Anwendung derartig hoher Mengen wasserlöslicher Phosphorsäure, wie wir solche zur vollständigen Bindung des Ammoniaks versuchsweise in Benutzung genommen haben, niemals empfohlen werden kann, so frägt es sich, wie eine geringere Gabe wirkt. In dieser Beziehung verweisen wir auf Ergebnisse der beiden ersten Versuchsreihen, aus denen hervorgeht, dass die Gesamt-Stickstoffverluste, welche dort ausschliesslich auf elementaren Stickstoff entfallen, wohl eine gewisse Einschränkung, aber keine vollständige Sistierung erfahren haben. Die Menge des durch Superphosphatzusatz „geretteten" Stickstoffs steht auch, worauf bereits hingewiesen wurde, in keinem Verhältnis zu dem Ammoniakbindevermögen der vorhandenen wasserlöslichen Phosphorsäure: ein entsprechender Teil des gebildeten Ammoniaks wird festgelegt, aber der im ungebundenen Zustand übrigbleibende Teil verfällt in relativ stärkerem Masse den Oxydationsprozessen. Es sei ferner an dieser Stelle daran erinnert, dass der Gipszusatz bei Versuchsreihe I, welcher zur vollständigen Bindung des Ammoniaks mehr wie ausreichend bemessen war, das Entweichen elementaren Stickstoffs nicht zu beschränken vermocht hat und sich daher im Vergleich zur wasserlöslichen Phosphorsäure (Versuchsreihe III) in fraglicher Richtung als durchaus minderwertig erwiesen hat. Es kann dies nicht etwa so erklärt werden, dass man sagt, der Gips habe keine genügende Gelegenheit gehabt, in Lösung zu gehen, denn die eigentlichen Stickstoffverluste haben erst 5 Monate nach Beginn der Versuche eingesetzt. Andere Momente müssen vielmehr hierbei mitgewirkt haben, über die wir jedoch keinen Aufschluss geben können. Die bei Versuchsreihe I beobachtete verhältnismässig günstige Wirkung eines Präcipitatzusatzes bleibt nach wie vor unerklärlich.

Andererseits darf aber nicht unberücksichtigt gelassen werden, dass wir fast immer unter Verhältnissen gearbeitet haben, welche das Entweichen des Stickstoffs möglichst begünstigen, während in der Praxis der Stallmistkonservierung die Bedingungen für die Erhaltung des Stickstoffs sich weit vorteilhafter gestalten. Eine direkte Übertragung der von uns gewonnenen Resultate auf die Praxis ist daher ausgeschlossen.

Um die Wirkung der Kalkzusätze besser beurteilen zu können, sind die betreffenden Angaben früherer Tabellen in abgeänderter Form nochmals zusammengestellt:

		Verluste an Stickstoff als Ammoniak	Verluste an Stickstoff in elementarer Form
		g	g
Bei 30—32°	Ohne Zusatz Mittel	1.66	3.50
	+ 3 % Ätzkalk	2.39	4.18
	+ 3 „ kohlens. Kalk . . .	2.81	3.08
	+ 10 „ „ „ . . .	2.79	4.34
Bei Zimmertemperatur	Ohne Zusatz Mittel	1.12	3.89
	+ 3 % Ätzkalk	2.08	0.12
	+ 10 „ „	2.43	0.36
	+ 3 „ kohlens. Kalk . . .	1.26	0.19
	+ 10 „ „ „ . . .	1.30	0.16

Ätzkalk und kohlensaurer Kalk haben bei einer Versuchstemperatur von 30—32° nicht allein die Ammoniakverluste gesteigert, sondern auch der in elementarer Form entwichene Stickstoff hat in der Mehrzahl der Fälle eine Vermehrung erfahren. Ganz anders dagegen das Verhalten bei Zimmertemperatur! Auch hier hat sich mehr Ammoniak verflüchtigt, aber die Stickstoffverluste in elementarer Form sind auf ein Minimum herabgedrückt, namentlich wenn man berücksichtigt, dass die Ammoniakmengen vielleicht etwas zu niedrig gefunden worden sind. Hierdurch wird bewirkt, dass die Gesamtstickstoffverluste von 34.11 % (ohne Zusatz) auf 18.99—9.87 % sinken, so dass der Kalkzusatz unter diesen Verhältnissen entschieden vorteilhaft die Stickstoffbilanz beeinflusst hat. Wie soll man sich jedoch diese Wirkung erklären? Man könnte mit KÖNIG [1]) annehmen, dass der Kalk in konzentriertem Zustand fäulnishemmend wirke, und dass die Zersetzung deshalb überhaupt eine geringe gewesen sei. Hiergegen spricht aber die Thatsache, dass grössere Mengen organischer Stickstoffverbindungen bei Kalkzusatz in Ammoniak

[1]) Stickstoffvorrat S. 79.

übergeführt sind, worauf später zurückzukommen sein wird, und dass auch mehr Ammoniak entwichen ist. Sehen wir daher wieder von der Möglichkeit einer Nitrifikation resp. Denitrifikation ab, so ergiebt sich, dass die Oxydation des Ammoniaks durch den Kalkzusatz fast völlig verhindert worden ist. Dieser Vorgang kann dann weiter unseres Erachtens nur so gedeutet werden, dass man dem Kalk die Fähigkeit zuschreibt, Mikroorganismen, welche die Abspaltung elementaren Stickstoffs aus Ammoniak vermitteln, in ihrer Lebensthätigkeit zu beeinträchtigen. Auf diesem Wege kommen wir somit zur Aufstellung der gleichen Hypothese wie oben, dass nämlich Entbindung elementaren Stickstoffs unter allen Umständen an die Gegenwart von Mikroorganismen geknüpft ist. Höchst merkwürdig bleibt dann allerdings der Unterschied, welcher zwischen der Kalkwirkung bei 30—32° und bei Zimmertemperatur besteht. Man würde etwa anzunehmen haben, dass die höhere Temperatur eine die schädliche Wirkung des Kalks überwindende erhöhte Lebensthätigkeit der Mikroorganismen wachgerufen hätte. Es soll dies jedoch lediglich ein Erklärungsversuch sein, den wir mit aller Reserve anführen.

Selbstverständlich lässt sich auch vorstehende Beobachtung nicht direkt für die Praxis verwerten, dazu bedarf es erst weitergehender Studien. Wir wollen vorläufig nur darauf hinweisen, dass der bei der Kompostierung durch Kalkzusatz beobachtete günstige Erfolg mit einer Verhinderung der Entbindung elementaren Stickstoffs in Zusammenhang gebracht werden kann, wobei dann weiter anzunehmen sein würde, dass das mehrentwickelte Ammoniak von zugesetzter Erde u. s. w. vor dem Entweichen geschützt bliebe.

Der Zusatz eines Buttersäuregemisches endlich hat etwas vermehrte Stickstoffverluste verursacht; da sich diese aber ziemlich gleichmässig auf Ammoniakstickstoff und elementaren Stickstoff verteilen, so gestatten sie keine allgemeine Schlussfolgerung.

2. Verluste an organischem Stickstoff. Die Umsetzung organischer Stickstoffverbindungen hat durch Beigabe von Superphosphat eine Vermehrung von 7.16 g auf 8.41 g resp. von 7.69 g auf 9.78 g erfahren. Dies stimmt mit den Ergebnissen der ersten Versuchsreihe überein, während bei der zweiten Serie das umgekehrte Verhalten konstatiert werden musste. Die

Erklärung für diese Differenzen dürfte auch hier wieder in dem verschiedenen Gärmaterial zu suchen sein. Der von Holdefleiss, Immendorff u. A. behauptete verzögernde Einfluss des Superphosphats auf die ammoniakalische Gärung ist also in der Mehrzahl der Fälle nicht eingetreten und zwar auch dann nicht, als aussergewöhnlich grosse Mengen Superphosphat zur Verwendung gekommen waren; es hat vielmehr umgekehrt eine geringe Steigerung in gedachter Richtung stattgefunden. Nur in zwei Fällen, als eine mit wenig Jauche infizierte reine Harnstofflösung zunächst mit Superphosphat und dann erst mit Torfstreu versetzt wurde, fanden wir die Angaben anderer Autoren deutlich bestätigt, während in zwei weiteren Fällen die Sache so zu sagen unentschieden blieb.

Auch ein Zusatz von Ätzkalk resp. kohlensaurem Kalk (bis 10 %) hat die ammoniakalische Gärung nicht oder doch nur in minimalem Grade zu beeinträchtigen vermocht, sondern ebenfalls im Gegenteil meist eine mehr oder weniger erhebliche Steigerung verursacht. Ohne Zusatz sind 7.11 bis 8.00 g organischer Stickstoff umgesetzt, bei Kalkzusatz in verschiedener Form und Stärke dagegen 7.18 bis 8.63 g. Bei Zimmertemperatur ist meist mehr Ammoniak gebildet als bei 30—32°, was mit Bezug auf die Vorgänge bei der Stickstoffentbindung besonders beachtenswert erscheint.

3. Die Bilanz des Ammoniakstickstoffs (ursprünglich vorhanden und gebildet) bedarf nach dem über die Ammoniakverluste Gesagten keine weitere Erläuterung.

V.

Die „Deutsche Landw. Presse“ vom 9. Februar 1895 enthält die bekannten Wagner'schen Versuchsergebnisse, welche in dem Satze gipfeln: „Eine Beidüngung von frischem Tierkot (Pferdekot oder Rinderkot) wirkt in hohem Grade vermindernd ein sowohl auf die Ausnutzung des Bodenstickstoffs, als auch auf die Ausnutzung des in Form von Grünsubstanz, Harn, Chilisalpeter oder Ammoniak in den Boden gebrachten Stickstoffs.“ Durch ähnliche Vegetationsversuche sind wir der Frage näher getreten, ob man die denitrifizierende Wirkung der in den festen tierischen Exkrementen enthaltenen Mikroorganismen durch Ver-

mischen der ersteren mit Ätzkalk resp. Mergel vor ihrer Benutzung zur Düngung aufheben resp. abschwächen kann.

Zu diesem Zweck wurden 45 Vegetationsgefässe mit je 15.5 kg eines äusserst stickstoffarmen[1]) Sandbodens beschickt, gleichmässig mit 1.5 g wasserlöslicher Phosphorsäure und 2 g Kali, sowie in nachstehender Weise mit Stickstoff gedüngt.

Anzahl der Gefässe	Art der Stickstoffdüngung	Exkremente		Salpeter	
		g	mit Stickstoff g	g	mit Stickstoff g
6	Ohne Stickstoff	—	—	—	—
3	Salpeter	—	—	3.72	0.6
3	Pferdekot	120	0.412	—	—
3	„ + Salpeter	120	0.412	3.72	0.6
3	„ (+ 3 % Ätzkalk) + Salpeter	120	0.412	3.72	0.6
3	„ (+ 5 „ Mergel) + Salpeter	120	0.412	3.72	0.6
3	Schafkot	120	0.889	—	—
3	„ + Salpeter	120	0.889	3.72	0.6
3	„ (+ 3 % Ätzkalk) + Salpeter	120	0.889	3.72	0.6
3	„ (+ 5 „ Mergel) + Salpeter	120	0.889	3.72	0.6
3	Kuhkot	200	0.630	—	—
3	„ + Salpeter	200	0.630	3.72	0.6
3	„ (+ 3 % Ätzkalk) + Salpeter	200	0.630	3.72	0.6
3	„ (+ 5 „ Mergel) + Salpeter	200	0.630	3.72	0.6

Da der Stickstoffgehalt der verschiedenen Exkremente vor Beginn der Versuche nur geschätzt werden konnte, so ist die Stickstoffgabe in dieser Form sehr ungleichmässig ausgefallen, was aber die Ergebnisse unbeeinflusst lässt. Die Stickstoffgabe wurde ziemlich niedrig bemessen, um nicht gar zu sehr von den Verhältnissen der Praxis abzuweichen. Der Zusatz von Kalk und Mergel erfolgte in der Weise, dass die gleichzeitig mit den anderen Proben abgewogenen Kotmengen im angegebenen Verhältnis damit vermischt und dann rasch mit einem Teil der Versuchserde bedeckt wurden; nach 24stündigem Stehen wurden sie zur Düngung der betreffenden Gefässe verwendet. Die Kalkgabe wurde überall durch Mergel ausgeglichen.

Als Versuchspflanze diente Hafer. Die äusseren Versuchsbedingungen, Wassergabe u. s. w. wurden in bekannter Weise geregelt. Leider war unser eigentliches Vegetationshaus, welches vor ungünstigen Witterungsverhältnissen, Vogelfrass u. s. w. ab-

[1]) 0.062 % N.

solut sicheren Schutz gewährt, durch anderweitige Versuche vollständig in Anspruch genommen. Wir mussten uns deshalb damit begnügen, unsere Vegetationsgefässe in einer älteren Anlage unterzubringen, bei welcher die auf Schienen laufenden Wagen nur unter einen seitlich offenen Schuppen geschoben werden konnten. Dies hat leider einige Störungen in der normalen Entwickelung der Pflanzen im Gefolge gehabt, so dass bei den Endergebnissen ziemlich bedeutende Schwankungen obwalten, die uns zwingen, die gezogenen Schlussfolgerungen nur als vorläufige zu bezeichnen; im laufenden Jahre wird eine Wiederholung der Versuche unter günstigeren äusseren Bedingungen möglich sein. Wir verzichten deshalb auch auf eine Wiedergabe der Einzelresultate, begnügen uns vielmehr mit einer Zusammenstellung der gewonnenen Mittelwerte. Die Versuche mit Schafkot müssen wir sogar vollständig fallen lassen, da hier offenbar in einzelnen Fällen ausschlaggebende Störungen eingetreten sind.

Anzahl der Gefässe	Stickstoff-Düngung [1])	Ernte pro Gefäss		Wirkung (Mehrernte) der Gesamtstickstoff-Düngung	Ausnutzungskoefficient der Gesamtstickstoff-Düngung	Wirkung (Mehrernte) der Nitrat-Stickstoff-Düngung	Ausnutzungskoefficient der Nitrat-Stickstoff-Düngung
		Luftrockensubstanz	Stickstoff				
	g	g	g	g		g	
6	—	24.3	0.126	—	—	—	—
3	0.6 S . .	71.2	0.414	0.288	48.0	0.288	48.0
3	0.412 P . .	28.3	0.171	0.045	10.9	—	—
3	1.012 P + S	79.3	0.449	0.323	31.9	0.278	46.3
3	1.012 P + S + Ae . .	69.0	0.435	0.309	30.5	0.264	44.0
3	1.012 P + S + M . .	70.5	0.489	0.363	35.9	0.318	50.3
3	0.630 K .	27.0	0.153	0.027	4.3	—	—
3	1.230 K + S	67.0	0 266	0.140	11.4	0.113	18.8
3	1.230 K + S + Ae . .	67.5	0.339	0.213	17.3	0.186	31.0
3	1.230 K + S + M . .	74.7	0.327	0.201	16.3	0.174	29.0

Die Ausnutzung der Stickstoffdüngung ist ganz allgemein eine aussergewöhnlich niedrige, und auch hieraus geht hervor, dass Störungen eingetreten sind. Wir sind auch, wie gesagt, weit davon entfernt, unseren Ergebnissen eine entscheidende Bedeutung beizumessen, aber zur Orientierung können doch

[1]) S = Salpeter, P = Pferdekot, K = Kuhkot, Ae = Ätzkalk, M = Mergel.

einige Schlussfolgerungen gezogen werden, da die Richtung, in welcher sich letztere zu bewegen haben, kaum eine Änderung erfahren dürfte.

Wir sehen zunächst, dass die Beigabe von frischem Tierkot keine Verminderung in der Ausnutzung des Bodenstickstoffs bewirkt hat; es ist sogar im Gegenteil eine geringe Mehrproduktion zu verzeichnen, und war dies auch, wie wir hinzufügen wollen, bei den Versuchen mit Schafkot der Fall. Der Unterschied, welcher sich in dieser Beziehung beim Vergleich mit den Wagner'schen Ergebnissen zeigt, dürfte darin begründet sein, dass der Genannte aussergewöhnlich[1]) grosse Gaben von tierischem Kot angewendet hat, bei welchen die schädigende Wirkung weit energischer auftreten musste. Vom Stickstoff der frischen, festen tierischen Ausscheidungen sind aber immerhin nur ganz minimale Mengen von den Pflanzen verarbeitet worden, und wenn man selbst den für diese Betrachtung günstigsten Fall annehmen wollte, dass nämlich der assimilierbare Bodenstickstoff von den Kotbakterien völlig zerstört wäre — woran übrigens nicht zu denken sein dürfte —, so würde der Ausnutzungskoefficient beim Kuhkot doch erst auf 24.3% steigen. Auf die Ursachen dieser Erscheinung näher einzugehen, würde den Rahmen dieser Arbeit überschreiten.

Die Wirkung des Salpeterstickstoffs ist mit und ohne Zusatz von Pferdekot eine fast völlig gleiche geblieben. Die Annahme, dass die benutzten Exkremente zufällig keine Denitrifikationsbakterien enthalten hätten, ist höchst unwahrscheinlich, denn jede zu sonstigen Versuchen von uns benutzte Probe liess beim Übergiessen mit Salpeterlösung die bekannte Wirkung energisch zu Tage treten. Die Erklärung hierfür muss daher in dem Mischungsverhältnis zwischen Erde, Pferdekot und Salpeter erblickt werden. Ein Zusatz von Kalk resp. Mergel konnte infolgedessen auch keine Steigerung der Ausnutzungskoefficienten

[1]) Wir brauchen uns wohl kaum dagegen zu verwahren, dass uns dieser Ausdruck etwa als im Sinne der Liebscher'schen Kritik (Vorträge für praktische Landwirte 1895, S. 22) ausgelegt werde. Wenn übrigens Liebscher behauptet: „Auch wissen wir schon lange, dass diese (Denitrifikations-) Bakterien nur dann ihre Thätigkeit zeigen können, wenn sie in einem stark durchlüfteten Materiale leben," so bleibt er uns den Beweis hierfür leider schuldig. Wir haben uns mit dieser Frage eingehend zu beschäftigen gehabt, vermochten aber in der bislang vorliegenden Literatur nur gegenteilige Beobachtungen zu finden.

erzielen. Die in dieser Beziehung gefundenen Differenzen bewegen sich in verschiedener Richtung und liegen innerhalb der Fehlergrenzen, zumal die Einzelversuche, wie bereits erwähnt, grössere Abweichungen erkennen lassen.

Dagegen hat die Beigabe von Kuhkot ein erhebliches Sinken des Ausnützungskoefficienten für den Nitratstickstoff im Gefolge gehabt. Die durch Salpeter erzielte Mehrernte enthält nur 0.113 g Stickstoff, während eine solche von 0.288 g zu erwarten gewesen wäre. Die Grenzen der Versuchsfehler sind weit überschritten. Die mit Ätzkalk resp. Mergel versetzten Exkremente haben diese schädigende Wirkung allerdings nicht aufzuheben vermocht, aber eine Besserung ist deutlich zu erkennen. Hierbei bleibt zu berücksichtigen, dass die betreffenden Präparate nur 24 Stunden ihren vernichtenden Einfluss auf die betreffenden Mikroorganismen ausgeübt haben. Bei früheren Versuchen (S. 63) ergab sich, dass gewöhnlicher kohlensaurer Kalk die Denitrifikation nicht zu beschränken vermochte. Hier haben wir einen Mergel benutzt, welchen uns Herr Dr. SCHULTZ-Lupitz freundlichst zur Verfügung[1]) gestellt hatte. Es scheint also fast, als ob diesem „Mergel" in gedachter Beziehung besonders günstige Eigenschaften zuzusprechen seien, worüber jedoch selbstverständlich erst weitere Untersuchungen die Entscheidung bringen können.

VI.

Endlich seien die zahlenmässigen Ergebnisse der bereits oben (S. 45) erwähnten Versuche über die Denitrifikation bei Luftzutritt angeführt.

Je 100 g frischer Pferdekot wurden mit 1500 ccm einer verdünnten Salpeterlösung (3 : 1000) übergossen. Zwei der so beschickten Gefässe blieben lose verschlossen bei Zimmertemperatur ruhig stehen; durch zwei andere wurde dagegen mit Hilfe einer Wasserstrahlpumpe ein kräftiger Luftstrom gesaugt, der ein kontinuierliches Aufwirbeln der Kotpartikelchen bewirkte. Von einem Sauerstoffmangel kann unter diesen Bedingungen absolut nicht die Rede sein. Die Bestimmung des Nitratstickstoffs in je 50 ccm der möglichst klar abgeheberten Flüssigkeit ergab folgendes:

[1]) Auch an dieser Stelle sprechen wir dem genannten Herrn hierfür unseren verbindlichsten Dank aus.

		Nitrat-Stickstoff in 50 ccm.			
		Bei Beginn der Versuche	Nach 8 Tagen	Nach 14 Tagen	Nach 3 Wochen
Ohne Luftzufuhr	1.	0.0197	0.0154	0.0082	0.0020
	2.	0.0195	0.0154	0.0077	0.0022
Bei kräftiger Durchlüftung .	3.	0.0198	0.0103	0.0061	0.0020
	4.	0.0198	0.0119	0.0063	0.0012

Auf Grund dieser Zahlen glauben wir berechtigt zu sein, die Möglichkeit einer Denitrifikation auch bei Luftzutritt zu behaupten, denn bei unseren Versuchen hat sich dieselbe unter dem Einfluss kräftigster Durchlüftung sogar noch etwas energischer vollzogen, als wenn die Kotmassen durch die darüber stehende Salpeterlösung vor dem Zutritt von Luft geschützt waren; letzterer war aber selbstverständlich auch hierbei nicht völlig ausgeschlossen. Ein näheres Eingehen auf diese Frage behalten wir uns vor.

Schlussergebnisse.

In der Einleitung haben wir besonders darauf hingewiesen, dass wir unsere Untersuchungen durchaus noch nicht als abgeschlossen betrachten, und überall, wo es uns nötig erschien, haben wir diesen Ausspruch wiederholt. Dies darf uns aber nicht verhindern, die wesentlichsten Ergebnisse zusammenzufassen, trotzdem manche derselben vorläufig nur mit der nötigen Reserve zu verwerten sein dürften. Beobachtungen, welche uns selbst widerspruchsvoll zu sein scheinen, bleiben hier unberücksichtigt.

1. Die Verluste an Stickstoff und organischer Substanz erreichten[1]) keine bedeutende Höhe, sofern der atmosphärischen Luft der Zutritt zu den gärenden Massen nur in beschränktem Grade (wöchentlich zweimalige Durchlüftung) gestattet wurde.

2. Je mehr und je länger Luft durchgesaugt wurde, desto höher waren die Stickstoffverluste, die sich im ungünstigsten Falle auf 42.6 % der ursprünglich vorhandenen Menge beliefen.

Ein stetiges Absaugen der über den Düngermassen lagernden Luftschichten genügte ebenfalls bereits zur Herbeiführung namhafter Stickstoffverluste (27.6 %).

3. Die Wirkung der Konservierungsmittel war im allgemeinen eine widerspruchsvolle. Die bei Verwendung derselben unter

[1]) Mit einer unerklärt gebliebenen Ausnahme.

kräftiger Durchlüftung erzielte Verminderung der Stickstoffverluste erreichte jedoch bei weitem nicht den niedrigen Stand, wie sich solcher bei mässiger Durchlüftung ohne Anwendung von Konservierungsmitteln ergeben hat.

4. Diese drei Punkte liefern einen neuen Beweis für den schon vielfach aufgestellten Satz, dass die mechanische Pflege des Stallmistes eine weit grössere Bedeutung besitzt, wie die Verwendung chemischer Konservierungsmittel. Letztere können mindestens gesagt erst voll zur Wirkung kommen, wenn erstere genügende Berücksichtigung gefunden hat.

5. Durch Anwendung einer Temperatur von 32—34° haben die Stickstoffverluste im Vergleich mit Versuchen bei Zimmertemperatur keine sehr wesentliche Erhöhung erfahren.

6. Unter Umständen kann der Stickstoff so gut wie ausschliesslich in elementarer Form entweichen. Bei der Mehrzahl unserer Versuche ist dies der Fall gewessen, und zwar sind auf diesem Wege bis 42.6 % des ursprünglich vorhandenen Gesamt-Stickstoffs verloren gegangen.

7. Die Verluste an Ammoniak waren da, wo sie überhaupt zur Beobachtung gelangten, selbst bei künstlicher Wärmezufuhr, resp. unter Zusatz von Ätzkalk, relativ gering.

8. Die Entbindung des elementaren Stickstoffs kann auf zwei Wegen erfolgen:

a) durch Denitrifikation,

b) durch Oxydation des gebildeten Ammoniaks.

Bei unseren Konservierungs-Versuchen hat es sich aller Wahrscheinlichkeit nach lediglich um den zweiten Weg gehandelt.

9. Die Denitrifikation kann auch bei Luftzutritt erfolgen.

10. Durch kurze Einwirkung von 2 % Ätzkalk auf frischen Pferdekot wurde der denitrifizierende Einfluss, welchen der letztere sonst auf eine Salpeterlösung ausübt, aufgehoben.

Zusätze von 3 % kohlensaurem Kalk resp. 0.5 % Schwefelsäure blieben in dieser Richtung erfolglos.

Bei Vegetationsversuchen hat die 24 stündige Einwirkung von 3 % Ätzkalk resp. 5 % Lupitzer-Mergel auf frischen Kuhkot genügt, um die denitrifizierenden Eigenschaften des letzteren zu beschränken.

11. Die Oxydation des Ammoniaks unter Freiwerden elementaren Stickstoffs erfolgt höchst wahrscheinlich unter der Mitwirkung von Mikroorganismen.

12. Die Oxydation des Ammoniaks wurde durch Zusatz einer zur vollständigen Bindung desselben genügenden Menge Superphosphat verhindert.

Geringere Mengen Superphosphat haben unter den gewählten Versuchsbedingungen keine ihrem Ammoniakbindevermögen entsprechende Beschränkung der Verluste an elementarem Stickstoff erzielt.

In der Praxis der Stallmistkonservierung verlaufen fragliche Oxydationsvorgänge sicherlich bedeutend weniger energisch, als bei unseren Versuchen, so dass die vielfach beobachtete günstige Wirkung geringerer Mengen Superphosphat mit obigen Feststellungen nicht im Widerspruch zu stehen braucht.

13. Ein Zusatz von Ätzkalk resp. kohlensaurem Kalk zu gärenden Dungmassen hat bei Zimmertemperatur die Entbindung elementaren Stickstoffs fast völlig aufgehoben, wahrscheinlich durch Abtötung der betreffenden Mikroorganismen. Der hierdurch erzielte Vorteil überwog den durch vermehrte Ammoniakabgabe bedingten Nachteil.

14. Die günstigen Resultate, welche wir bei der Anwendung verschiedener Kalkpräparate bezüglich Aufhebung der Denitrifikation sowohl, als auch der Oxydation des Ammoniaks erzielten, giebt zu folgenden Erwägungen Veranlassung.

a) Die Verwendung von Kalk bei Anlage von Salpeterplantagen wird bislang auf die hierdurch bedingte Beförderung der Nitrifikation zurückgeführt. Ist man nicht berechtigt, dem Kalk die oben erwähnte Rolle zuzuweisen?

b) Eine Durchschichtung des Stallmistes mit Ätzkalk resp. Mergel scheint zur Verhütung des Entweichens von elementarem Stickstoff beitragen zu können, während man der stärkeren Verflüchtigung von Ammoniak vielleicht durch Bedecken des Düngers mit Erde entgegenzuarbeiten vermöchte.

15. Die ammoniakalische Gärung wurde bei unsern Versuchen durch Zusatz selbst grosser Mengen Ätzkalk resp. Superphosphat nicht vermindert, erfuhr vielmehr meist eine Steigerung; durch Beigabe von 1 % Schwefelsäure wurde dieselbe nur wenig herabgedrückt.

Jena, im Januar 1896.

Forschungen über den relativen Düngewert und die Konservierung des Stallmiststickstoffs.

Von

Dr. J. AEBY, Dr. R. DORSCH, Dr. FR. MATZ und Prof. Dr. PAUL WAGNER (Ref.).

(Hierzu Tafel I—II.)

I.

Als ich vor einer Reihe von Jahren einige Arbeiten über Stallmistdüngungsfragen in Angriff nahm, erkannte ich bald, dass ich damit ein Gebiet betreten hatte, welches in seinem ganzen Umfange als ein erst wenig erforschtes anzusehen war. Unsicher und unklar und mit grossen Irrtümern behaftet erschien mir alles, was man in den Fragen der Stallmistdüngung, der Stallmistkonservierung etc. zu wissen glaubte. Ich gewann die Überzeugung, dass man nur durch eine mit den ersten Grundlagen beginnende, wohlgeplant sich aufbauende und konsequent durchgeführte Forschung zur Ausbildung einer wissenschaftlich begründeten Lehre vom Stallmist gelangen könne, und ich entschloss mich, in Gemeinschaft mit meinen Mitarbeitern, den Herren Aeby, Dorsch und Matz eine Reihe von Versuchen auszuführen, durch welche wir eine zuverlässige Grundlage für die Beurteilung der verschiedenen Stallmistfragen zu gewinnen hofften.

Durch die Düngerabteilung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft wurden wir ausserdem veranlasst, unseren allgemeinen Arbeiten über die Stallmistfrage nach einer bestimmten Richtung hin eine ganz besondere Ausdehnung zu geben. Die Frage der Stallmistkonservierung war es, deren eingehende und gründliche Bearbeitung die Düngerabteilung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft als notwendig erachtete, und ich wurde aufgefordert, an diesen Arbeiten mich zu beteiligen.

Ich habe dies gethan, und in den nachstehenden Mitteilungen übergebe ich den I. Teil unserer diesbezüglichen Arbeiten der

Öffentlichkeit, hervorhebend, dass erst der später folgende II. u. III. Teil derselben zu einem Abschluss unserer Forschungen führen wird.

Es ist bekannt, dass die Wirkung der Stallmistdüngung keine einfache, sondern eine recht komplizierte ist. Verschiedene Faktoren — organische Substanz und deren Zersetzungsprodukte, Humus und dessen Zersetzungsprodukte, Bakterienarten, Stickstoff, Kali, Phosphorsäure, Kalk etc. — vereinigen sich hier zu einer Gesamtwirkung, aus welcher man nicht ohne weiteres den Grad der Mitwirkung eines einzelnen bestimmten Bestandteils des Stallmistes zu erkennen vermag.

Um Klarheit auf diesem Gebiet zu gewinnen, müssen wir jeden einzelnen Faktor der Stallmistwirkung für sich studieren. Wir müssen Verhältnisse herstellen, unter welchen von den Bestandteilen des Stallmistes nur der Humus, oder nur der Stickstoff, die Phosphorsäure, das Kali etc. zur Wirkung kommen kann. Erst dann können wir diese Wirkung messen, sie vergleichen mit der Wirkung anderer Düngemittel, ihre Art, ihre Abhängigkeit von allerlei äusseren Einflüssen studieren und dadurch Klarheit über die Natur und die Grösse der verschiedenen Wirkungen einer Stallmistdüngung erzielen.

Wie es aber ohne Schwierigkeit zu machen ist, die Wirkung eines einzelnen Bestandteils zusammengesetzter Düngemittel festzustellen, das habe ich auf S. 29 meiner Schrift: „Die Stickstoffdüngung der landw. Kulturpflanzen", Verlagsbuchhandlung Paul Parey in Berlin, dargelegt.

Ein hervorragender Faktor in der Wirkung der Stallmistdüngung ist nun bekanntlich der Stickstoff, und von diesem soll hier ausschliesslich die Rede sein.

Auf Böden, welche so reich an Phosphorsäure, Kali, Kalk und allen übrigen Nährstoffen waren, bezw. durch Düngung so reich daran gemacht waren, dass der denkbar üppigsten Pflanzenentwicklung nur noch der unzureichend vorhandene Vorrat an Stickstoff entgegenstand, haben wir Düngungsversuche mit Stallmist ausgeführt. Von den Nährstoffen des Stallmistes konnte unter solchen Verhältnissen nur der Stickstoff wirken, und die Grösse der Stickstoffwirkung konnten wir messen durch gleichzeitig ausgeführte Düngungsversuche mit Chilisalpeter.

Nähere Mitteilungen über diese Versuche finden sich in meiner oben genannten Schrift. Ich führe hier nur an, dass die Ergebnisse derselben unter gleichzeitiger Berücksichtigung

und Erwägung aller bei der Stallmistwirkung zu beachtenden Momente mich zu dem Schluss geführt haben, dass man im Mittel der praktisch vorkommenden Verhältnisse von je 100 kg in den Boden gebrachten Stallmiststickstoffs nur ca. 25 kg in der Ernte zurückerhalten werde, während man beim Salpeterstickstoff auf eine mittlere Ausnutzung von ca. 55 % rechnen dürfe.

Mit dieser Annahme steht auch das Resultat im Einklang, welches Julius Kühn bei einem Feldversuch erhalten hat.

Die Fragestellung bei dem Versuch Kühns ist eine vollkommen klare und bestimmte gewesen und ebenso klar und bestimmt ist auch die Antwort ausgefallen.

13 Jahre lang wurde die eine Feldparzelle mit jährlich 60 Ctr. Stallmist gedüngt und 13 Jahre lang erhielt eine daneben liegende Vergleichsparzelle jährlich die entsprechende Menge von Kali und Phosphorsäure unter Ausschluss von Stickstoff.

Es ergab sich dabei, dass im 14. Versuchsjahr auf der Stallmistparzelle 1907.0 kg Erntemasse mit 10.67 kg Stickstoff, auf der Kaliphosphatparzelle 1437.5 kg Erntemasse mit 7.3 kg Stickstoff erhalten wurde, mithin hatte die Stallmistdüngung bezw. der Stallmist-Stickstoff an Mehrertrag erbracht: 469.5 kg Erntemasse mit 3.36 kg Stickstoff.

Da durch die Stallmistdüngung 14.1 kg Stickstoff gegeben waren, der durch sie bewirkte Mehrertrag aber nur 3.36 kg Stickstoff enthalten hatte, so berechnet sich, dass von 100 Teilen Stallmiststickstoff nur rund 24 Teile in der Erntesubstanz zurückerhalten waren.

Wie ist nun diese mit der von mir angenommenen Ausnutzungszahl in Übereinstimmung stehende geringe Ausnutzung des Stallmiststickstoffs zu erklären?

Ist sie vielleicht nur eine zufällige gewesen, und war die Ausnutzung in den voraufgegangenen Jahren eine wesentlich bessere? Nein, denn im Mittel der 5 voraufgegangenen Versuchsjahre hat die Ausnutzung des Stallmiststickstoffs **23** % oder unter Ausschluss des einen dieser Jahre (in welchem die Stallmistparzelle durch die Fritfliege sehr beschädigt gewesen sein soll) **27** %, also nicht wesentlich mehr betragen. Oder ist etwa die Qualität des verwendeten Stallmistes eine ausnehmend geringe gewesen? Das ist keinenfalls anzunehmen, denn bei der Umsicht und Gründlichkeit, mit welcher Julius Kühn gerade diese Frage behandelt hat, ist es ganz unzweifelhaft, dass er für die Verwendung

eines wohlkonservierten und durchaus normal beschaffenen Stallmistes die peinlichste Sorge getragen hat.

Oder ist etwa die Stickstoffdüngung eine zu reichliche gewesen; war es den Pflanzen vielleicht nicht möglich, eine Düngung von 28.2 Pfd. Stickstoff vollständig aufzunehmen und zu verarbeiten?

Auch dies trifft nicht zu, denn eine mit Ammoniak-Salpeter-Stickstoff gedüngte Vergleichsparzelle zeigte, dass die Pflanzen erheblich mehr Stickstoff aufnehmen und verarbeiten konnten, als sie es auf der Stallmistparzelle gethan hatten.

Oder hatte es der Stallmistparzelle vielleicht an Kali und Phosphorsäure gefehlt, hatte etwa nur das leichter lösliche Kalisuperphosphat auf der Vergleichsparzelle das Bedürfnis der Pflanzen befriedigen können, und waren die im Stallmist enthaltenen Verbindungen so schwer löslich gewesen, dass infolge von unzureichender Ernährung mit Phosphorsäure und Kali es den Pflanzen nicht möglich gewesen war, den Stallmiststickstoff vollkommen auszunutzen?

Auch dies ist nicht der Fall, denn eine 13 Jahre lang nur mit Stickstoff gedüngte Vergleichsparzelle bewies durch ihre stets und selbst im 14. Jahre noch hohen Erträge, dass ein Mangel an Kali und Phosphorsäure nicht stattgefunden hatte.

Demnach bleibt uns also nur die Annahme übrig, dass von je 100 kg Stallmiststickstoff nicht weniger als ca. 75 kg teils in sehr schwer zersetzbaren Humus sich verwandelt, teils durch Versickerung oder durch Verflüchtigung oder Zersetzung verloren gegangen sind.

Aber dabei dürfen wir uns nicht beruhigen, wir müssen Klarheit haben, wir müssen wissen, wo der Stickstoff geblieben ist, damit wir event. nach Mitteln suchen können, so überaus grossen Stickstoffverlusten vorzubeugen.

Wir haben also den Weg der experimentellen Forschung über diese Frage zu betreten.

Der Stallmist besteht aus Kot, Harn und Streu.

Prüfen wir zunächst, wie hoch der Düngewert des im Harn enthaltenen Stickstoffs sich stellt im Vergleich zum Düngewert des Stickstoffs im Chilisalpeter.

Die folgende Versuchsreihe giebt uns hierüber ein Bild.

Auf einem mit genügendem Vorrat von Phosphorsäure, Kali etc. versehenen leichten Lehmboden führten wir Vegeta-

tationsversuche aus, bei welchen die folgenden Stickstoffdüngungen gegeben wurden:

1. 0 Stickstoff,
2. 2 g Stickstoff in Form von Chilisalpeter,
3. 2 g „ „ „ „ Rinderharn.

Die Versuche wurden in Gefässen, welche je 7 kg Erde fassten, ausgeführt. Als Versuchspflanze diente weisser Senf, der 10 Tage nach geschehener Düngung eingesäet, in der Blüte geschnitten, getrocknet, gewogen, gemahlen und auf seinen Stickstoffgehalt untersucht wurde.

Die Ergebnisse ersieht man aus der folgenden Zusammenstellung:

No. des Versuchs	Stickstoff-düngung	Ernte an Trocken-substanz g	Mittel der Ernte-substanz g	Stickstoff in der Ernte-substanz g	Von je 100 Teilen in der Düngung gegebenen Stickstoffs sind in der Ernte-substanz zurückerhalten Teile	Setzt man die Ausnutzung des Salpeter-Stickstoffs = 100, so berechnet sich für den Harn-Stickstoff die folgende Ausnutzung
1.	0	1.8 1.4 1.6	1.6	0.029	—	—
2.	2 g Stickstoff in Form von Chilisalpeter	36.9 34.0 35.9	35.6	1.289	63	100
3.	2 g Stickstoff in Form von Rinderharn	31.2 33.7 33.5	32.8	1.187	58	92

Aus diesen Resultaten ergiebt sich, dass der Stickstoff des Rinderharns genau so gewirkt hat, wie bei anderen von uns ausgeführten Versuchen der Ammoniak-Stickstoff wirkte. Rund 90 % der Salpeterwirkung haben wir für den Stickstoff im schwefelsauren Ammoniak festgestellt, und den gleichen Wirkungswert hat bei vorstehenden Versuchen auch der Harn-Stickstoff aufgewiesen.

Ist dies zu verwundern?

Nein, denn der Harn-Stickstoff geht ungemein schnell in Ammoniak-Stickstoff über.

Folgende Versuche zeigen dies.

Eine Probe frischen, direkt von der Kuh aufgefangenen Harns ergab einen Gehalt

an Gesamt-Stickstoff . . . . . 0.392 %
an Ammoniak-Stickstoff . . . . . 0.010 „

Die Probe wurde in einer Glasflasche bei Zimmertemperatur aufbewahrt und alle 24 Stunden auf ihren Gehalt an Ammoniak-Stickstoff geprüft.

Die Ergebnisse waren die folgenden:

Der frische Harn enthielt wie oben . . . . . 0.010 % Ammoniak-Stickstoff.
Nach Ablauf von 24 Stunden wurden gefunden 0.025 „ „ „
Nach Ablauf weiterer 24 Stunden wurden gefunden 0.235 „ „ „
„ „ „ „ „ „ „ 0.329 „ „ „
„ „ „ „ „ „ „ 0.357 „ „ „

Nach Ablauf von 4 Tagen war also fast sämtlicher Harn-Stickstoff in Ammoniak-Stickstoff übergegangen.

Noch schneller verlief der Prozess, wenn der frische Harn mit Kotbakterien versetzt wurde. 1 l frischer Rinderharn wurde mit 25 g frischem Pferdekot versetzt, durchgeschüttelt und durch Leinen gegossen. Der so behandelte Harn enthielt 0.391 % Gesamt-Stickstoff und 0.013 % Ammoniak-Stickstoff.

Nach Verlauf von 24 Std. wurden gefunden 0.154 % Ammoniak-Stickstoff.
Nach Verlauf von weiteren 24 Std. wurden gefunden 0.341 „ „ „
„ „ „ „ „ „ „ „ 0.354 „ „ „
„ „ „ „ „ „ „ „ 0.357 „ „ „

Also schon nach 2 bis 3 Tagen war die Umwandluug des Harn-Stickstoffs in Ammoniak-Stickstoff vollendet.

Wenn nun aber der Harn-Stickstoff so ungemein schnell in Ammoniak-Stickstoff übergeht, so ist es doch wohl rätselhaft, dass der Stallmist-Stickstoff, der nach Jul. Kühns Rechnung zum grössten Teil aus Harn-Stickstoff besteht, so sehr langsam wirkt!

Ein von Jul. Kühn angestellter Versuch führt uns dies vor Augen.[1])

Kühn reichte einem Ochsen grüne Luzerne als Futter. Der Ochse nahm täglich durchschnittlich 48 kg Luzerne auf und lieferte 14 kg Kot und 19 kg Harn.

Die sorgfältig gesammelten Ausscheidungsprodukte des Ochsen wurden nun in ganz frischem, unzersetztem Zustande zu einem mit weissem Senf ausgeführten Düngungsversuch verwandt. Entsprechend dem Verhältnis, wie Kot und Harn vom Ochsen ge-

[1]) Landwirtschaftliche Presse 1894, No. 98.

liefert waren, brachte man auf je 100 Teile Kot 134 Teile Harn in den Boden, und wenn man das Stickstoffverhältnis in diesem Gemenge berechnet, so stellt sich heraus, dass dem weissen Senf auf je 100 Teile Kot-Stickstoff rund **500** Teile Harn-Stickstoff gegeben wurden.

Wie gross war nun die Stickstoffausnutzung dieses Gemenges?

Die von Kühn mitgeteilten Zahlen geben uns hierüber Aufschluss. Sie zeigen, dass von je 100 Teilen in den Boden gebrachten Stickstoffs rund **48** Teile in der Ernte zurückgewonnen wurden.

Das ist fast so viel, als wir bei unseren mit Harn ausgeführten Versuchen erhielten. Die Erntesubstanz gab uns 58 % des Harn-Stickstoffs zurück, während Kühn 48 % des Stickstoffs zurückerhielt, der aus einem Gemenge von 100 Teilen Kot-Stickstoff und 500 Teilen Harn-Stickstoff bestand.

Aber steht nun das von Kühn erhaltene Ergebnis nicht im Widerspruch mit meiner Aussage, welche dahin geht, dass man im Mittel der praktischen Verhältnisse eine Ausnutzung des Stallmist-Stickstoffs von nur 25 % erhalten wird? Hat nicht Jul. Kühn bewiesen, dass der Stickstoff der vereinigten Kot- und Harnausscheidungen des Ochsen eine Ausnutzung von nicht weniger als **48** % als eine fast doppelt so hohe sich ergeben hat, als ich sie für den Stallmist-Stickstoff angenommen habe?

In der That, man hat dies gemeint. Man hat mein Urteil über den Stallmist-Stickstoff auf Grund des angeführten Kühn'schen Versuchs als nicht richtig erachtet.

Aber man hat sich geirrt. Man hat übersehen, dass der in der Wirtschaft gewonnene Stallmist eine ganz andere Zusammensetzung hat als das von Jul. Kühn verwandte, aus 100 Teilen Kot-Stickstoff und 500 Teilen Harn-Stickstoff bestehende Gemenge.

Ich will zur Illustration hier einige von uns ausgeführte Stallmistuntersuchungen vorführen.

Die Mistproben, welche zu den Untersuchungen dienten, waren verschiedenen hessischen Wirtschaften entnommen, und zwar stellten sie Mittelproben von Stallmist dar, wie er im Zustande der Verwendung auf dem Acker sich befand. Die Proben wurden grösstenteils gelegentlich des Ausfahrens des Mistes entnommen. In denselben wurde einerseits der Gesamtstickstoff, andererseits der Ammoniak- und Salpeter-Stickstoff bestimmt, und es sei bezüglich der analytischen Methode das Folgende bemerkt.

Die Stallmistproben wurden zunächst mit soviel Essigsäure versetzt, als zur Hervorrufung einer stark sauren Reaktion erforderlich war. Die Masse wurde alsdann bei etwa 60° C. getrocknet und gemahlen. In der gemahlenen Substanz wurde nach Kjeldahl der Gesamtstickstoff, durch genau 25 Minuten währende Destillation mit Magnesia der Ammoniak-Stickstoff und durch Behandlung mit Aluminium in dem zuvor mit Natronlauge gekochten Mistextrakt der Salpeter-Stickstoff bestimmt.

Da nun, wie oben gezeigt, der Harn-Stickstoff ungemein schnell in Ammoniak-Stickstoff übergeht, so konnte in den Mistproben nicht mehr Harn- (dem Harn entstammender) Stickstoff vorhanden sein, als dem gefundenen Ammoniak-Salpeter-Stickstoff entsprach, und wenn man andererseits die ganze Menge des gefundenen Ammoniak-Salpeter-Stickstoffs als „dem Harn entstammend" erklärt, so ist es gewiss, dass man alsdann auch einen geringen Teil des Kot-Stickstoffs als „Harn-Stickstoff" angiebt, denn auch ein Teil des Kot-Stickstoffs wird beim Destillieren mit Magnesia als Ammoniak-Stickstoff gefunden.

Wenn ich also in nachstehender Zusammenstellung den Gehalt des Mistes an Ammoniak-Salpeter-Stickstoff als „Harn-Stickstoff" angebe, so sind die entsprechenden Zahlen noch etwas höher, als sie dem thatsächlich vorhandenen Gehalt an dem Harn entstammenden Stickstoff entsprechen.

Ich lasse nun die Ergebnisse unserer Analysen folgen:

Stallmistprobe	enthält an		auf je 100 Teile Kot- + Streu-Stickstoff berechnen sich Teile Harn-Stickstoff
	Gesamt-Stickstoff %	Ammoniak-Stickstoff %	
1. Probe aus Darmstadt	0.516	0.127	33
2. „ „ „	0.648	0.158	32
3. „ „ Laubenheim	0.676	0.190	39
4. „ „ „	0.577	0.177	44
5. „ „ Nierstein	0.651	0.175	37
6. „ „ „	0.630	0.158	33
7. „ „ „	0.619	0.142	30
8. „ „ „	0.602	0.139	30
9. Tiefstallmist aus Posen	0.550	0.180	49
			Mittel 36.

Diesen aus intensiv betriebenen Wirtschaften bezogenen Proben standen die folgenden 3 aus geringeren Wirtschaften erhaltenen gegenüber:

10. Probe aus Arheilgen	0.520	0.037	8
11. „ „ „	0.340	0.029	9
12. „ „ „	0.433	0.006	1.

Aus diesen Beispielen ersieht man, dass in den von uns geprüften Mistproben, welche zum Teil bestgeleiteten und hochintensiv betriebenen hessischen Wirtschaften entstammten, auf je 100 Teile Kot- + Streustickstoff nur 30—50 Teile Harnstickstoff, im Mittel nur 36 Teile vorhanden waren, während die von Jul. Kühn verwendete Mischung aus frischem Kot und frischem Harn auf je 100 Teile Kotstickstoff nicht weniger als **500** Teile Harnstickstoff enthielt.

Die Kühn'sche Mischung als „Stallmist" zu bezeichnen, ihre Zusammensetzung mit derjenigen des wirklichen Stallmistes zu identifizieren — wie es von einigen Seiten geschehen ist — und aus der Düngewirkung des aus 100 Teilen Kotstickstoff + 500 Teilen Harnstickstoff bestehenden Gemenges den Schluss zu ziehen, dass auch der Stickstoff des in der Praxis gewonnenen Stallmistes, der auf 100 Teile äusserst langsam wirkenden Kot- + Streustickstoffs nur etwa 36 Teile schnell wirkenden Harnstickstoff enthält, keinen geringeren Düngewert besitze, als jene Kühn'sche Mischung ihn aufgewiesen hat, darf doch wohl nicht als statthaft erachtet werden!

Eine Erklärung für die Thatsache, dass Jul. Kühn bei seinen mit wirklichem Stallmist ausgeführten Feldversuchen in vollkommener Übereinstimmung mit dem von mir ausgesprochenen Urteil über den Stallmiststickstoff eine Ausnutzung von nur 25 % konstatiert hat, während die von ihm verwendete Mischung von 100 Teilen Kotstickstoff + 500 Teilen Harnstickstoff eine Ausnutzung von nicht weniger als 48 % ergab, braucht nicht erst gesucht zu werden, sie ist durch die oben nachgewiesene grosse Differenz in der Zusammensetzung der Kühn'schen Mischung einerseits und dem in der Praxis gewonnenen Stallmist andererseits wohl zur Genüge begründet.

Unsere Aufgabe aber ist es, die Ursache dieser Differenz zu finden, unsere Aufgabe ist es, die Frage zu beantworten: wie kommt es, dass im „Stallmist" auf 100 Teile Kot- + Streustickstoff sich nur ca. 36 Teile Harnstickstoff finden, während Jul. Kühn nachgewiesen hat, dass der mit Luzerne gefütterte Ochse auf 100 Teile Kotstickstoff nicht weniger als 500 Teile Harnstickstoff lieferte?

Zur Beantwortung dieser Frage sind zunächst wohl die folgenden Momente anzuführen:

1. Es ist zu berücksichtigen, dass in der Regel nicht die ganze Menge des erzeugten Harns in den Stallmist gelangt; ein

Teil desselben sammelt sich im Jauchebehälter, und um soviel, als dieser Teil beträgt, um so viel ärmer wird auch der Stallmist an schnell wirkendem Harn-Stickstoff.

2. Es ist zu berücksichtigen, dass Kot-Stickstoff und Harnstickstoff in der Regel nicht in einem so günstigen Verhältnis zu einander vom Tier geliefert werden, als Jul. Kühn es bei dem besprochenen Versuch festgestellt hat.

Füttert man nicht einen Ochsen, sondern eine Kuh mit grüner Luzerne, so wird nicht sämtlicher zur Assimilation gelangter Stickstoff im Harn ausgeschieden; ein Teil desselben wird in Form von Milch gewonnen, und um soviel, als dieser Teil beträgt, um soviel geringer fällt die Ausbeute an Harn-Stickstoff aus.

Füttert man ferner nicht ausschliesslich mit junger, noch nicht zur Blüte gelangter grüner Luzerne, wie Jul. Kühn es bei seinem Versuch gethan hat, giebt man vielmehr ein rohfaserreicheres und proteinärmeres Futter, so stellt sich das Verhältnis zwischen Harn-Stickstoff und Kot-Stickstoff erheblich weniger günstig.

Jul. Kühn führt beispielsweise an, dass man bei „sehr nährstoffarmer, strohreicher Fütterung“ auf je 100 Teile Kot-Stickstoff nur **82** Teile Harn-Stickstoff erhalten habe.

Zur Illustration mögen hier einige Zahlen über den prozentischen Stickstoffgehalt des Harns angeführt werden, aus welchen man ersehen wird, dass derselbe je nach Fütterung und Wasserkonsum die grössten Schwankungen aufweist. Der von Jul. Kühn bei der Fütterung des Ochsen mit junger grüner Luzerne gewonnene Harn enthielt **13.8** ‰ Stickstoff. Das ist ein ausnehmend hoher Gehalt. Wir haben denselben zwar auch konstatieren können, haben aber gefunden, dass ein Gehalt von mehr als 10 ‰ Stickstoff nur bei ausnehmend proteinreicher und ausnehmend intensiver Fütterung entsteht. In den weitaus meisten Fällen ist der Stickstoffgehalt des Harns ein erheblich geringerer.

Wir fanden in einer bei hochintensiver proteinreicher Fütterung gewonnenen Probe 15.9 ‰ Stickstoff.

Andere aus verschiedenen Rindviehställen entnommene Proben ergaben:

11.5 ‰	10.1 ‰	9.7 ‰	9.6 ‰
8.9 „	8.3 „	7.3 „	6.9 „
6.8 „	6.6 „	5.3 „	5.0 „ .

In Proben, die zu verschiedenen Zeiten in dem Stalle eines in Darmstadt wohnenden kleinen Wirtschafters entnommen wurden,

sank bei sehr extensiver Milchfütterung der Stickstoffgehalt des Harns sogar auf 1.9 ‰, 1.6 ‰ und 0.9 ‰ herab!

Die Schwankungen also, welche wir bei der Untersuchung frisch aufgefangenen Harns verschieden gefütterter Milchkühe erhalten haben, bewegen sich zwischen **15.9** ‰ und **0.9** ‰!

Im Mittel der 13 Harnproben beträgt der Stickstoffgehalt 8.6 ‰ und ich glaube, dass diese Zahl dem in der Praxis resultierenden Mittel erheblich näher kommt, als der oben angeführte Gehalt von 13.8 ‰, der bei dem Versuch Jul. Kühn's erhalten wurde.

3. Es ist zu berücksichtigen, dass der Harn Stickstoffverluste infolge einer Verdunstung von Ammoniak erleidet.

Ich habe oben gezeigt, dass schon in drei bis vier Tagen so gut wie sämtlicher Harn-Stickstoff in Ammoniak-Stickstoff sich verwandelt. Das Ammoniak aber verflüchtigt sich leicht und nicht unerhebliche Verluste können durch Ammoniakverdunstung entstehen.

Zur Illustration will ich den folgenden Versuch anführen.

Wir füllten 4 l Harn in einen Glascylinder von 17 cm Durchmesser und liessen das Gefäss unbedeckt in einem sehr mässig (12—14 ° C.) temperierten Zimmer stehen.

Der Harn enthielt ursprünglich 4.11 ‰ Stickstoff. Nach Ablauf von 5 Wochen (das verdunstete Wasser war von Zeit zu Zeit ersetzt worden) hatte eine so starke Ammoniakverdunstung stattgefunden, dass der Stickstoffgehalt nur noch 2.37 ‰ betrug.

4. Es ist zu berücksichtigen, dass man Stickstoffverluste des Stallmistes nachgewiesen hat, die nur zum Teil auf Ammoniakverdunstung zurückgeführt werden konnten. Man hat beim Lagern des Stallmistes eintretende Stickstoffverluste festgestellt, die in einem Entweichen von freiem gasförmigem Stickstoff zu bestehen schienen, die aber nicht in befriedigender Weise mit bislang bekannten Zersetzungsvorgängen von organischen und anorganischen Stickstoffverbindungen in ursächlichen Zusammenhang gebracht werden konnten.

Ziehen wir nun die unter 1—4 genannten Momente in Berücksichtigung, so ist es wohl nicht mehr zu verwundern, dass die Zusammensetzung des in der Wirtschaft produzierten Stallmistes eine ganz andere ist, als die Mischung von Kot und Harn sie aufweist, die von Jul. Kühn zu seinem Versuch verwendet wurde, und die man als „Stallmist" bezeichnet hat.

Wenn die Kühn'sche Mischung **13.8** ‰ Stickstoff enthielt, und dieselbe auf je 100 Teile Kot-Stickstoff nicht weniger, als **500** Teile, Harn-Stickstoff aufwies, so ist es unter Berücksichtigung der angeführten Momente wohl nicht auffallend, dass der in der Praxis gewonnene Stallmist nur 4 bis 6 bis 8 ‰ Stickstoff enthält und derselbe auf je 100 Teile Kot- und Streu-Stickstoff im Mittel nur etwa **36** Teile Harn-Stickstoff aufweist; auch ist es wohl nicht zu verwundern, dass dementsprechend der in der Wirtschaft produzierte Mist eine mittlere Stickstoffausnutzung von nur ca. **25** % ergiebt, während die Kühn'sche Mischung eine Stickstoffausnutzung von nicht weniger als **48** % ergeben hat.

Jedenfalls steht die auch von Maercker erhärtete Thatsache vollkommen fest, dass wir in dem selbst in den bestgeleiteten Wirtschaften gewonnenen Stallmist ein Produkt vor uns haben, welches in seinem Gehalt an schnellwirkendem (dem Harn entstammenden) und langsam wirkendem (dem Kot und der Streu entstammenden) Stickstoff bei weitem nicht demjenigen Gehaltsverhältnis entspricht, wie es sich aus den Ausscheidungen des Rindes berechnet. Der Stallmist ist **erheblich ärmer** an schnellwirkendem (dem Harn entstammenden) Stickstoff, als er es sein müsste, wenn weder durch Ammoniakverdunstung noch durch Zersetzungsvorgänge Verluste an Harn-Stickstoff stattfänden.

Unsere Aufgabe muss es nun sein, Mittel und Wege zu finden, welche geeignet sind, den Stickstoffverlusten des Stallmistes entgegen zu wirken, die er bei seiner Gewinnung, seiner Aufbewahrung und weiteren Behandlung, sowie beim Ausstreuen und der Ausbreitung auf dem Felde nachgewiesenermassen erleidet.

Um diese Aufgabe zu lösen, haben wir zunächst nach der Natur der Verlustquellen zu forschen und alsdann zu fragen, wie den Verlustquellen entgegen zu wirken ist.

In der Verdunstung von Ammoniak haben wir bereits eine der Verlustquellen erkannt, in noch ungenügend bekannten Zersetzungsvorgängen eine andere und es wird unsere nächste Aufgabe sein, nach der letzteren zu forschen.

Die folgende Versuchsreihe, aus welcher ich oben bereits einige Resultate mitteilte, hat uns die Richtung der einzuschlagenden Forschung angedeutet.

Es wurden auf einem mit genügendem Vorrat von Phosphorsäure, Kali etc. versehenen leichten Lehmboden Vegetations-

versuche ausgeführt, bei welchen die folgenden Stickstoffdüngungen gegeben wurden:

1. 0 g Stickstoff,
2. 2 „ „ in Form von Chilisalpeter,
3. 2 „ „ „ „ „ jung ausgeschlagener, grüner Luzerne,
4. 2 „ „ „ „ „ Rinderharn,
5. 2 „ „ „ „ „ frischem Rinderkot,
6. 2 „ „ bestehend aus:
   0.8 g Stickstoff in Form von Rinderharn,
   1.2 „ „ „ „ „ Rinderkot,
   2.0 g.

Die Versuche wurden in Gefässen, welche je 7 kg Erde fassten, ausgeführt. Als Versuchspflanze diente weisser Senf, der 10 Tage nach geschehener Düngung eingesäet, in der Blüte geschnitten, getrocknet, gewogen, gemahlen und auf seinen Stickstoffgehalt untersucht wurde.

Sehr auffallende Erscheinungen traten bei der Vegetation des Senfs hervor. Die mit Rinderkot gedüngten Pflanzen entwickelten sich erheblich weniger üppig als alle übrigen, selbst als die ohne Stickstoffdüngung gebliebenen. Sie zeigten sehr früh die Symptome des Stickstoffhungers, ihre Blätter wurden gelb und die Pflanzen hörten bald auf zu wachsen. Alsdann trat bei den ungedüngten Pflanzen Stickstoffhunger auf, dann bei den mit einer Mischung von Kot und Harn gedüngten, während die mit Chilisalpeter, grüner Luzerne und Rinderharn gedüngten Pflanzen sich sehr üppig entwickelten und erst nachdem die volle Blüte eingetreten war, an dem Gelbwerden der unteren Blätter erkennen liessen, dass auch sie den verfügbaren Stickstoff vollständig verarbeitet hatten.

Die Versuche ergaben die folgenden Ernteresultate:

(Siehe die Tabelle auf Seite 100.)

Aus diesen Zahlen ersieht man folgendes:

Die junge grüne Luzerne hat in Übereinstimmung mit unseren früheren Versuchen eine sehr schnelle Zersetzbarkeit gezeigt, und der in Form von Rinderharn gegebene Stickstoff hat, wie oben schon erwähnt, genau so gewirkt wie eine Düngung mit Ammoniak-Stickstoff, dessen Wirkung sich bei unseren Versuchen auf rund 90 % der Salpeterwirkung stellte.

In hohem Grade auffallend aber ist das beim Versuch 5 und 6 erhaltene Resultat.

Die Düngung mit frischem Rinderkot hat den Ertrag **herabgedrückt.**

Ergebnisse der Versuchsreihe 149.

Weisser Senf.

Differenz-Düngung. Stickstoff in Form von	g	Erträge der Einzelversuche an Trockensubstanz g	Mittelerträge an Trockensubstanz g	Stickstoff in je 100 g Trockensubstanz g	Stickstoff in der gesamten Ernte g	Von je 100 g in der Düngung gegebenen Stickstoffs sind in der oberirdisch. Ernte zurück gewonnen worden g
0		1.8 1.4 1.6	1.6	1.81	0.029	—
Salpeters. Natron. .	2	36.9 34.0 35.9	35.6	3.62	1.289	63
Luzernegrünsubstanz	2	39.5 37.5 37.9	38.3	2.56	0.980	48
Kuhkot	2	0.5 0.4 0.5	0.5	1.96	0.010	— 10
Kuhkot (1.2 g N)[1] Kuhharn (0.8 „ „)	2	17.0 20.0 18.0	18.3	1.94	0.355	16
Pferdekot	2	0.4 0.4 0.4	0.4	1.46	0.006	— 12
Pferdekot (0.7 g N)[1] Pferdeharn (1.3 „ „)	2	25.9 26.1 27.7	26.6	2.56	0.681	33
Rinderharn	2	31.2 33.7 33.5	32.8	3.62	1.187	58

Ohne Stickstoffdüngung wurden **29** mg Stickstoff geerntet, nach Düngung mit 2 g Stickstoff in Form von Rinderkot wurden nur **10** mg Stickstoff geerntet, und während beim Versuch 4 eine Ausnutzung des Harnstickstoffs von **58** % erzielt wurde, ergab der Versuch 6, der unter Beidüngung von Rinderkot ausgeführt wurde, eine Ausnutzung des Harnstickstoffs von nur **40** %.

[1]) Siehe Wolffs praktische Düngerlehre S. 76.

Auch bei Versuchen mit Pferdekot und Pferdeharn erhielten wir die gleichen Resultate.

Im Mittel von je 3 Parallelversuchen wurden erhalten:

1. ohne Stickstoff: 4.5 g Trockensubstanz mit 0.089 g Stickstoff,
2. gedüngt mit 0.65 g Stickstoff in Form von Pferdeharn: 23.0 g Trockensubstanz mit 0.478 g Stickstoff,
3. gedüngt mit 0.65 g Stickstoff in Form von Pferdeharn und 0.35 g Stickstoff in Form von Pferdekot: 20.9 g Trockensubstanz mit 0.405 g Stickstoff.

Es ergiebt sich hieraus, dass von je 100 Teilen Harn-Stickstoff bei dem **ohne** Beidüngung von Pferdekot ausgeführten Versuch **60** Teile, bei dem **mit** Beidüngung von frischem Pferdekot ausgeführten nur **49** Teile in der Erntesubstanz zurückerhalten wurden.

Wie ist dies zu erklären?

Wie ist es denkbar, dass eine Düngung mit frischem Tierkot die Ausnutzung des Harn-Stickstoffs und des Boden-Stickstoffs vermindert?

Enthält der Tierkot etwa Substanzen, welche die Zersetzung des organischen Stickstoffs in Ammoniak und Salpetersäure hindern?

Wir wollen dies prüfen. Wenn die Kotdüngung dadurch vermindernd auf die Stickstoffausnutzung wirkt, dass sie die Überführung des Stickstoffs in Salpetersäure ungünstig beeinflusst, so kann die gedachte Wirkung sich nur da bemerklich machen, wo man es eben mit organischem Stickstoff und nicht mit schon fertig gebildetem Salpeterstickstoff zu thun hat. Es müssen also die folgenden Versuche Aufschluss über diese Frage geben.

Entsprechend den oben mitgeteilten Versuchen führten wir eine Reihe von Vegetationsversuchen aus, bei welcher wir die Wirkung von je 1 g Salpeter-Stickstoff und 1 g Grünsubstanz-Stickstoff feststellten. Daneben wurde unter sonst gleichen Verhältnissen eine andere Reihe ausgeführt, bei welcher wir die gleiche Stickstoffdüngung gaben, sämtlichen Gefässen aber noch rund 2 g Stickstoff in Form von frischem Pferdekot beifügten.

Die Ergebnisse dieser Versuche finden sich in der folgenden Zusammenstellung.

	Düngung pro Gefäss	Ernte-substanz aus je 3 Gefässen	Stickstoff in der Ernte-substanz	Von je 100 Teilen in Form von Chilisalpeter, bezw. in Form von Grünsubstanz gegebenen Stickstoffs sind in der Ernte zurückgewonnen worden Teile Stickstoff
		g	g	
Ohne Beidüngung von Pferdekot	0 Stickstoff . . .	13.5	0.267	—
	1 g Stickstoff als Chilisalpeter . .	85.7	2.223	65
	1 g Stickstoff als Grünsubstanz[1]) .	74.6	1.413	38
Beidüngung von 2 g Stickstoff in Form v. Pferdekot	0 Stickstoff . . .	2.9	0.054	—
	1 g Stickstoff als Chilisalpeter . .	50.7	0.954	30
	1 g Stickstoff als Grünsubstanz . .	15.1	0.408	8

Man sieht, in wie hohem Grade die Beidüngung von Pferdekot nicht nur die Stickstoffausnutzung der Grünsubstanz, sondern auch die des Salpeter-Stickstoffs vermindert hat.

Durch den schädigenden Einfluss des Pferdekots ist die Stickstoffausnutzung herabgesunken:

bei der Grünsubstanz von . . . 38 % auf 8 %,
beim Salpeterstickstoff von . . 65 „ „ 30 „.

Um diese Ergebnisse einer nochmaligen Kontrole zu unterwerfen und weitere Anhaltspunkte zu gewinnen, wurde die folgende umfangreiche Versuchsreihe ausgeführt.

68 Vegetationsgefässe von 25 cm Durchmesser und 33 cm Höhe wurden mit je 18.5 kg Erde gefüllt, welche der Krume eines aus mittlerem Lehmboden bestehenden Ackers entnommen war. Jedes Gefäss wurde mit 10 g phosphorsaurem Kali (34 % Phosphorsäure und 22 % Kali) gedüngt. Die Differenzdüngungen, welche aus salpetersaurem Natron, schwefelsaurem Ammoniak, Blutmehl, Rinderharn, Gras, teils mit, teils ohne Beigabe von frischem Pferdekot, ferner aus Rindviehmist verschiedener Wirtschaften bestanden, ersieht man aus der Tabelle. Blutmehl, Gras, Kot und Mist wurden mit der oberen Hälfte der eingefüllten Erde, also mit 9.25 kg derselben vermengt, so dass die Düngung sich bis zu einer Tiefe von ca. 15 cm erstreckte. Die abgewogenen Mengen von Harn, salpetersaurem Natron und schwefelsaurem Ammoniak wurden in Literflaschen gebracht, diese bis

[1]) Die Grünsubstanz (Luzerne) war etwas mehr verholzt, als die zu den früheren Versuchen verwendete.

zur Marke mit Wasser aufgefüllt und die so gewonnenen Lösungen wurden auf die Oberfläche der eingefüllten Erde gegossen. Nachdem die Lösungen versickert waren, wurde je $^1/_2$ l Wasser nachgegossen. Um die Verhältnisse gleichzustellen, wurden die übrigen (mit Blutmehl, Gras, Kot und Mist gedüngten) Gefässe mit je $1^1/_2$ l Wasser begossen.

Das Einfüllen der Erde und die Düngung derselben geschah am 10. April.

Am 25. April wurde Hafer eingesäet, der am 29. Juli reif geerntet wurde.

Die gewonnenen Ergebnisse zeigt die Tabelle.

(Siehe die Tabelle auf Seite 104—106.)

Überblicken wir die Zahlen, so ergeben sich die folgenden Resultate.

1. Durch die Düngung von 4 g Stickstoff hat überall, selbst noch beim Salpeterversuch (No. 3), eine sehr erhebliche Ertragssteigerung im Vergleich zur Düngung von 2 g Stickstoff stattgefunden, so dass die mit je 2 g Stickstoff (bezw. auch die mit je 4 g Stickstoff in schwerlöslicher Form) ausgeführten Versuche vergleichbar untereinander sind.

2. In genauer Übereinstimmung mit unseren früheren Versuchen ist der Salpeter-Stickstoff (Versuch 2) zu 77 %, der Ammoniak-Stickstoff (Versuch 4) zu 69 % und der Harn-Stickstoff (Versuch 8) genau so hoch wie der Ammoniak-Stickstoff, nämlich zu 69 % ausgenutzt worden.

3. Der in Form von Blutmehl und Grüngras gegebene Stickstoff (Versuch 5 und 6) ist zu 50 und 43 % ausgenutzt worden. Setzt man die Ausnutzung des Salpeter-Stickstoffs = 100, so resultiert für Blutmehl- und Grüngras-Stickstoff eine Ausnutzung von 60.

4. Ausnehmend gering ist die Ausnutzung des Stickstoffs der verschiedenen Stallmistproben gewesen. Sie hat nur 3 %, 6 % und 8 % betragen, bezw. 4, 7 u. 10 % der Salpeterausnutzung.

Wie man aus dem Ammoniakgehalt der betreffenden Proben ersieht, sind dieselben sehr arm an Harn-Stickstoff gewesen, sie haben wesentlich aus Kot und Streu bestanden, und es ist bemerkenswert, dass unter Verhältnissen, unter denen der Stickstoff des Grüngrases zu 43 % ausgenutzt wurde, die Stickstoffverbindungen der Mistproben eine Ausnutzung von nur 3 bis 8 % aufgewiesen haben.

Ergebnisse der Versuchsreihe 155a.

Hafer.

No. des Versuchs	Differenz-Düngung. Stickstoff in Form von	g	Erträge der Einzelversuche an Trockensubstanz vom Gefäss: Stroh g	Körner g	Mittelerträge an Trockensubstanz vom Gefäss: Stroh g	Körner g	Mehrertrag gegen stickstofffreie Düngung: Stroh g	Körner g	Stickstoff in je 100 g Trockensubstanz: des Strohs g	der Körner g	Stickstoff in der gesamten Ernte g	Im Vergleich zu stickstofffreier Düngung (Versuch 1) wurde an Stickstoff geerntet g	Von je 100 Teilen des in der Düngung gegebenen Stickstoffs wurden in der Erntesubstanz zurückerhalten Teile
1.	—	0	20.7 20.6 20.0	10.1 8.4 10.5	20.4	9.7	—	—	0.40	1.36	0.214	—	—
2.	Salpeters. Natron	2	150.7 137.5 143.1	101.4 97.8 102.4	143.8	100.5	123.4	90.8	0.31	1.31	1.762	1.548	77
3.	Salpeters. Natron	4	152.4 171.1 164.5	114.0 130.7 125.0	162.7	123.2	142.3	113.5	0.42	1.86	2.975	2.761	69
4.	Schwefels. Ammoniak	2	124.0 141.9 144.3	86.8 95.9 101.6	136.7	94.8	116.3	85.1	0.31	1.24	1.599	1.385	69
5.	Blutmehl (14.11 % Stickstoff)	2	101.4 104.2 102.6	65.8 66.7 68.5	102.7	67.0	82.3	57.3	0.37	1.24	1.211	0.997	50
6.	Grüngras von der Pallaswiese (1.270 % Stickstoff)	2	91.3 95.4 97.2 95.1	60.8 58.0 64.2 61.7	94.8	61.2	74.4	51.5	0.32	1.26	1.074	0.860	43

7.	Grüngras von der Pallaswiese	4	130.2 97.4 136.4 99.6 134.6 88.8 143.1 99.1	136.1	96.2	115.7	86.5	0.32	1.28	1.667	1.453	36
8.	Rinderharn (frisch) v. d. Meierei (7.06 ‰ Stickstoff)	2	135.2 81.8 132.8 83.6	134.0	82.7	113.6	73.0	0.39	1.29	1.589	1.375	69
9.	Pferdekot (frisch) von der Kaserne (3.9 ‰ Stickstoff)	2	13.6 8.1 14.0 7.1 12.9 7.3	13.5	7.5	— 6.9	— 2.2	0.47	1.90	0.206	— 0.008	—
10.	Rinderkot (frisch) von Brücher (3.82 ‰ Stickstoff)	2	19.5 10.7 17.6 8.2 14.5 8.9	17.2	9.3	— 3.2	— 0.4	0.43	1.86	0.247	0.033	2
11.	Pferdekot frisch Rinderharn frisch	2 2	87.5 53.9 84.6 53.9 95.0 63.4	89.0	57.1	68.6	47.4	0.31	1.28	1.007	0.793	20
12.	Rinderkot frisch Rinderharn frisch	2 2	143.9 82.8 109.2 76.7 122.0 85.2	125.0	81.6	104.6	71.9	0.39	1.21	1.475	1.261	32
13.	Rindviehmist v. Brücher (5.20 ‰ Gesamt-Stickstoff, 0.37 ‰ Ammoniak-Stickstoff)	2	16.8 10.3 17.0 10.4 16.6 10.9	16.8	10.5	— 3.6	0.8	0.44	1.86	0.269	0.055	3
14.	Rindviehmist v. Brücher	4	15.2 10.1 15.8 9.3 18.6 12.1	16.5	10.5	— 3.9	0.8	0.55	1.90	0.290	0.076	2
15.	Rindviehmist v.d.Meierei (5.16 ‰ Gesamt-Stickstoff, 1.27 ‰ Ammoniak-Stickstoff)	2	26.9 17.8 29.0 17.4 28.7 19.0	28.2	18.1	7.8	8.4	0.39	1.46	0.374	0.160	8

No. des Versuchs	Differenz-Düngung. Stickstoff in Form von	g	Erträge der Einzelversuche an Trockensubstanz vom Gefäss: Stroh g	Körner g	Mittelerträge an Trockensubstanz vom Gefäss: Stroh g	Körner g	Mehrertrag gegen stickstofffreie Düngung: Stroh g	Körner g	Stickstoff in je 100 g Trockensubstanz: des Strohs g	der Körner g	Stickstoff in der gesamten Ernte g	Im Vergleich zu stickstofffreier Düngung (Versuch 1) wurde an Stickstoff geerntet g	Von je 100 Teilen des in der Düngung gegebenen Stickstoffs wurden in der Erntesubstanz zurückerhalten Teile
16.	Rindviehmist von der Meierei	4	35.6 30.6 29.4	25.5 17.8 20.3	31.9	21.2	11.5	11.5	0.40	1.68	0.484	0.270	7
17.	Rindviehmist von Engel (3.40 ‰ Gesamt-Stickstoff, 0.29 ‰ Ammoniak-Stickstoff)	2	21.8 18.9 20.6	15.0 13.0 11.6	20.4	13.2	—	3.5	0.47	1.75	0.327	0.113	6
18.	Rindviehmist von Engel	4	21.8 21.8 22.7	14.4 16.0 16.0	22.1	15.5	1.7	5.8	0.44	1.88	0.389	0.175	4
19.	Pferdekot frisch Salpeters.-Natron	2 2	94.8 108.4 111.4	61.9 78.6 75.7	104.9	72.1	84.5	62.4	0.31	1.28	1.248	1.034	26
20.	Pferdekot frisch Schwefels. Ammoniak	2 2	108.4 95.4 98.0	72.3 64.9 58.0	100.6	65.1	80.2	55.4	0.36	1.31	1.215	1.001	25
21.	Pferdekot frisch Grüngras	2 2	40.0 36.7 37.2	25.8 25.0 23.0	38.0	24.6	17.6	14.9	0.37	1.90	0.608	0.394	10

5. Noch viel bemerkenswerter aber ist die Thatsache, dass der Stickstoff des frischen Rinderkots (Versuch 10) nur zu 2% ausgenutzt wurde und dass eine Düngung von 2 g Stickstoff in Form von frischem Pferdekot nicht nur keine Ertragserhöhung, sondern sogar eine Ertragsverminderung gegen stickstofffreie Düngung bewirkt hat.

Das Resultat unserer obigen Versuche ist damit also bestätigt worden.

6. Aus den Versuchen 11, 12, 19, 20 und 21 ergiebt sich, dass Beidüngungen von frischem Tierkot die Ausnutzung des in Form von Rinderharn, salpetersaurem Natron, schwefelsaurem Ammoniak und Grüngras gegebenen Stickstoffs sehr erheblich vermindert haben.

Die folgende Zusammenstellung zeigt dies übersichtlich:

Eine Düngung von je 2 g Stickstoff, gegeben in Form von	wurde **ohne** Beidüngung von Pferdekot ausgenutzt zu	wurde **mit** Beidüngung von Pferdekot ausgenutzt zu
Kuhharn	69% (Versuch 8)	40% (Versuch 11)
Salpeters. Natron . .	77 „ („ 2)	52 „ („ 19)
Schwefels. Ammoniak .	69 „ („ 4)	50 „ („ 20)
Grüngras	43 „ („ 6)	20 „ („ 21).

Die bei den früheren (oben besprochenen) Versuchsreihen erhaltenen Resultate sind also auf das vollkommenste und regelmässigste bestätigt worden: wir stehen vor der fest gegründeten Thatsache, dass eine Düngung von frischem Pferde- und Rinderkot die Wirkung und Ausnutzung des Salpeter-Stickstoffs, des Ammoniak-Stickstoffs, des Harn-Stickstoffs und des in Form von Grünsubstanz gegebenen organischen Stickstoffs erheblich vermindert.[1])

[1]) Verwendet man bei den oben beschriebenen Vegetationsversuchen eine relativ geringe Beidüngung von Tierkot, säet man ferner den weissen Senf sofort nach der Düngung ein und leitet man die Versuche im Juli, also bei hoher Lufttemperatur ein, so entwickeln sich die Senfpflanzen so schnell und nehmen den in Form von Salpeter oder Harn ihnen zur Verfügung gestellten Stickstoff so schnell auf, dass die schädigende Nebenwirkung der Kotdüngung wenig oder auch gar nicht stattfindet. Ich führe dies an, weil die geschilderten Versuchsverhältnisse bei den von Jul. Kühn ausgeführten Versuchen, über die er berichtet hat, bestanden haben und sie der Grund sind, weshalb die von uns nachgewiesene schädigende Wirkung der frischen Kotdüngung von Jul. Kühn nicht entdeckt worden ist.

Als Belag dafür, dass sehr geringe Beimengungen von Kot nicht deprimierend wirken, sei das folgende Beispiel aus unseren mit Hafer ausgeführten Versuchen angeführt.

Wir haben nun nach der Ursache dieser Wirkung zu suchen.

Wenn die Ausnutzung des Grüngras-Stickstoffs durch die Beidüngung von Pferdekot von 43 % auf 20 % vermindert wird, so liegt zunächst die Vermutung nahe, dass die Fäulnis der Grünsubstanz, der Übergang des organischen Stickstoffs in Ammoniak-Stickstoff durch den Einfluss der relativ starken Kot-Beidüngung verhindert oder wenigstens verzögert wird. Diese Annahme aber muss verworfen werden, denn wir haben gesehen, dass auch die Ausnutzung des schon in Ammoniakform in den Boden gebrachten Stickstoffs durch den Kot vermindert wird.

Auch die Möglichkeit, dass der Kot etwa auf den Übergang des Ammoniak-Stickstoffs in Salpeter-Stickstoff hindernd einwirkt und dadurch die Ausnutzung des Ammoniaksalzes vermindert, kann nicht als Erklärungsgrund dienen, denn wir haben gezeigt, dass auch die Ausnutzung des Salpeter-Stickstoffs von 69 % auf 40 % herabgedrückt wurde, wenn eine Beidüngung von 2 g Kot-Stickstoff erfolgt war.

Aber ist denn schliesslich nicht anzunehmen, dass die starke Düngung von nicht weniger als 500 g Pferdekot auf eine Kreisfläche von 491 qcm an sich schon irgend einen nachteiligen Einfluss auf die Pflanzen ausübt, einen Einfluss, der ganz unabhängig von der Stickstoffdüngung ist und der mit einer etwaigen Einwirkung auf den Stickstoff der Düngung gar nichts zu thun hat?

Ist es nicht allen Praktikern bekannt, dass starke Düngungen mit frischem Pferdemist oft recht schädlich wirken können; ist es nicht bekannt, dass der Pferdemist „brennt“, die Pflanzen gelb macht und in ihrer Entwickelung hemmt?

In der That, auch unsere Versuche haben ja ergeben, dass selbst ohne Beidüngung von Stickstoff der Pferdekot nachteilig

Eine Düngung von	ergab an Erntesubstanz im Mittel aus je 3 Parallelversuchen	ergab an Stickstoff in der Erntesubst. im Mittel von je 3 Parallelversuchen
1. ohne Stickstoff	30.1 g	0.214 g
2. 2 g Stickstoff in Form von Rinderharn	216.7 „	1.589 „
3. 2 „ „ „ „ „ „ mit Zusatz von 2 g Stickstoff in Form von Rinderkot	206.6 „	1.475 „
4. 2 „ Stickstoff in Form von Rinderharn mit Zusatz von 0.389 g Stickstoff in Form von Rinderkot (von Jul. Kühn angewandtes Verhältnis) .	213.8 „	1.612 „

wirkt. Im Vergleich zu ungedüngt (Versuch 1) zeigten die mit Pferdekot gedüngten Pflanzen (Versuch 9) eine blasse Färbung und ergaben schliesslich nur **21.0** g Stroh und Körner, während bei ungedüngt **30.1** g Stroh und Körner erhalten wurden.

Es war also die Frage zu beantworten:

Ist der letztgedachte, durch Düngung mit Pferdekot hervorgebrachte Minderertrag gegen ungedüngt und die durch die Kotdüngung hervorgerufene Gelbfärbung der Pflanzen auf **Stickstoffhunger** oder auf irgend eine noch unbekannte nachteilige Wirkung des Kots zurückzuführen?

Diese Frage war leicht zu entscheiden.

Wir führten eine Anzahl von Versuchen aus, bei welchen wir die Wirkung der Kotdüngung zum Ausdruck brachten; Haferpflanzen färbten sich, nachdem sie etwa 15 cm hoch gewachsen waren, deutlich gelb, während die nicht mit Kot gedüngten noch eine gesunde grüne Färbung zeigten.

War nun die Gelbfärbung auf Stickstoffhunger zurückzuführen, so musste eine Stickstoffdüngung die Gelbfärbung aufheben. Um dies zu prüfen, gaben wir den Pflanzen pro Gefäss $^1/_2$ g Stickstoff in Form von salpetersaurem Natron, gelöst in 1 Liter Wasser.

Der Erfolg blieb nicht lange aus; schon nach Ablauf von 3 Tagen war der Beginn einer Grünfärbung zu beobachten und nach Ablauf von 8 Tagen war die Gelbfärbung völlig verschwunden. Die Pflanzen hatten sich intensiv grün gefärbt und fingen an gesund und üppig sich zu entwickeln.

Es war somit keine Frage mehr, die Kotdüngung musste direkt auf den Stickstoff wirken, es musste aus unseren Versuchen gefolgert werden, dass unter dem Einfluss der Kotdüngung ein Teil des Stickstoffs, sowohl des organischen, als auch des in Ammoniak- oder Salpeterform vorhandenen, sich der Aufnahme durch die Pflanzen entzieht.

Um hierüber Klarheit zu gewinnen, führten wir die folgenden Versuchsreihen aus.

(Siehe den Versuchsplan auf Seite 110.)

Zu den Versuchen wurde eine humusreiche Gartenerde verwandt.

Als Grunddüngung gaben wir jedem Gefäss 0.66 g Phosphorsäure und 0.49 g Kali in Form von phosphorsaurem Kali.

Versuchsplan.

Vegetationsgefässe von 17 cm Durchmesser und 20 cm Höhe, gefüllt mit 3.4 kg Erde	Versuchsreihe I unbepflanzt stehen gelassen und später ausgewaschen	ohne Pferdekot	ohne Salpeterdüngung, mit 0.5 g Stickstoff in Form von salpeters. Natron gedüngt.
		mit 600 g Pferdekot gedüngt	ohne Salpeterdüngung, mit 0.5 g Stickstoff in Form von salpeters. Natron gedüngt.
	Versuchsreihe II bepflanzt mit weissem Senf	ohne Pferdekot	ohne Salpeterdüngung, mit 1 g Stickstoff in Form von salpeters. Natron gedüngt, mit 1 g Stickstoff in Form von salpeters. Natron + 1 g Stickstoff in Form von salpeters. Kalk gedüngt.
		mit 600 g Pferdekot gedüngt	ohne Salpeterdüngung, mit 1 g Stickstoff in Form von salpeters. Natron gedüngt, mit 1 g Stickstoff in Form von salpeters. Natron + 1 g Stickstoff in Form von salpeters. Kalk gedüngt.

Das Füllen der Gefässe, die Düngung und die Einsaat erfolgten am 1. Juni 1893.

Die Senfpflanzen wurden geerntet, sobald sich ein ausgesprochener Stickstoffhunger an denselben erkennen liess, sobald also die ganze Menge des verfügbaren Stickstoffs von den Pflanzen verarbeitet war. Dies trat bei den ungedüngten und den mit nur 1 g Stickstoff gedüngten Pflanzen am 7. Juli, bei den mit 2 g Stickstoff gedüngten am 25. Juli ein.

Das Auswaschen der unbewachsenen Gefässe erfolgte am 10. Juli, also ca. 6 Wochen nach dem Beginn der Versuche, und wurde in der Art vorgenommen, dass der Inhalt eines jeden Gefässes in einen Trichter gebracht und so oft mit je $^1/_4$ Liter stickstofffreiem Wasser übergossen wurde, bis das Filtrat 5 Liter betrug.

Die Ergebnisse der Versuchsreihen ersieht man aus den folgenden Zusammenstellungen:

Versuchsreihe I.

	Salpeter-N pro Gefäss gegeben	Salpeter-N pro Gefäss im Filtrat gefunden		Von je 100 Teilen des in die Erde gebrachten Salpeter-N's sind im Filtrat zurückerhalten worden
		Einzelbestimmung	Mittel	
	g	g	g	Teile
Ohne Pferdekot	0	0.714 0.707 0.711 0.721	0.713	—
	0	0.714 0.728 0.736	0.726	
	0.5	1.176 1.176 1.170	1.174	93
	0.5	1.198 1.198	1.198	
Mit 600 g Pferdekot	0	0.147 0.140	0.144	—
	0	0.151 0.151	0.151	
	0.5	0.357 0.364	0.361	42
	0.5	0.350 0.357	0.354	

(Siehe noch die Tabelle auf Seite 112.)

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihen sind sehr bemerkenswert. Aus der Reihe I ersieht man, dass der ungedüngte Boden 0.72 g Salpeterstickstoff (dem Humus des Bodens entstammend) pro Gefäss enthielt; durch die Düngung mit Pferdekot aber war dieser Gehalt auf 0.148 g reduziert worden. Und ferner: von 100 Teilen in den Boden gebrachten Salpeterstickstoffs waren in dem nicht mit Pferdekot gedüngten Boden nach Ablauf von 6 Wochen noch 93 Teile vorhanden, während in dem mit Pferdekot gedüngten Boden von je 100 Teilen in den Boden gebrachten Salpeterstickstoffs nur noch 42 Teile aufzuweisen waren.

Versuchsreihe II.

	Salpeter-N pro Gefäss gegeben g	Erntesubstanz bei den Einzelversuchen g	Erntesubstanz im Mittel g	Datum der Erntenahme.
Ohne Pferdekot	0	22.9 23.3 23.4 22.7 22.9 22.9	23.0	7. Juli 1893.
	1	49.5 49.5	49.5	7. Juli 1893.
	2	67.3 69.8	68.6	25. Juli 1893.
Gedüngt mit 600 g Pferdekot	0	1.4 1.0	1.2	7. Juli 1893.
	0	2.6 2 1 1.7 2.6	2.3	25. Juli 1893.
	1	13.2 16.3	14.8	7. Juli 1893.
	2	46.4 51.3 44.1 47.1	47.2	25. Juli 1893.

Diesem Ergebnisse genau entsprechend sind auch die Resultate der Versuchsreihe II ausgefallen. Auf ungedüngtem Boden wurden **23.05** g Erntemasse erzielt, auf dem mit Pferdekot gedüngten nur **2.3** g. Auf dem mit Salpeterstickstoff gedüngten Boden wurden **49.5** bezw. **68.6** g Substanz geerntet, während die Beidüngung mit Pferdekot diese Erträge auf **14.8** bezw. **47.2** g reduzierte.

Zur weiteren Ergänzung dieser Versuchsreihen mag noch die folgende dienen.

Wir füllten acht Trichter mit je 2 kg Erde und durchtränkten bei sieben derselben die Erde mit Salpeterlösungen,

welche steigende Mengen (s. u.) von Salpeterstickstoff enthielten. Eine zweite Reihe von acht Trichtern wurde in derselben Weise hergerichtet, die Erde eines jeden Trichters aber erhielt bei dieser Reihe noch eine Beimengung von rund 1 g Stickstoff in Form von frischem Pferdekot, während eine dritte ebensolche Reihe mit je 2 g Stickstoff in Form von Pferdekot versetzt wurde. Nach Ablauf von 16 Tagen wurde die Erde mit destilliertem Wasser ausgewaschen und im Filtrat wurde der Salpeterstickstoff bestimmt. Der im Filtrat gefundene Salpeterstickstoff nach Abzug des aus der nicht mit Salpeter versetzten Erde erhaltenen Stickstoffs stellte die unverändert verbliebene Menge Salpeterstickstoff dar.

Die folgende Tabelle und die beigegebene graphische Darstellung (Tafel I) zeigen die Ergebnisse dieses Versuches.

Die Erde wurde mit folgenden Mengen Salpeter-Stickstoff versetzt	Von dem in die Erde gebrachten Salpeter-Stickstoff wurden nach 16 Tagen die folgenden Mengen in unveränderter Form wiedergefunden:		
	bei Versuchsreihe 1 ohne Zusatz von Pferdekot	bei Versuchsreihe 2 Zusatz von 1 g Stickstoff in Form von Pferdekot	bei Versuchsreihe 3 Zusatz von 2 g Stickstoff in Form von Pferdekot
g	g	g	g
—	—	—	—
0.2	0.194	0.021	0.019
0.4	0.389	0.179	0.070
0.6	0.585	0 380	0.164
0.8	0.802	0.576	0.437
1.0	0.980	0.802	0.511
1.2	1.195	0.961	0.718
1.4	1.414	1.229	0.859
Sa. 5.6	5.559	4.148	2.768

Die Resultate lassen auf das deutlichste erkennen, dass der in den Boden gebrachte Salpeter-Stickstoff nach 16 Tagen noch unverändert und in ganzer Menge vorhanden war, wenn kein Pferdekot beigefügt worden war. Wo aber Pferdekot beigegeben war, erhielten wir von den in Summa gegebenen 5.6 g Salpeter-Stickstoff nur noch 4.148 g, und wo die grössere Menge Pferdekot beigegeben war, nur noch 2.768 g Salpeter-Stickstoff unverändert zurück.

Es war während der Versuchsdauer von 16 Tagen ein Verlust an Salpeter-Stickstoff von 1.452 g bezw. **26** % bei der mit

1 Teil Pferdekot versetzten und von 2.832 g bezw. 51% Stickstoff bei der mit 2 Teilen Pferdekot versetzten Versuchsreihe eingetreten.

Wie aber ist dies vor sich gegangen, und wo ist der Stickstoff geblieben? Ist er vollständig verschwunden, hat der Salpeter-Stickstoff sich etwa in luftförmigen Stickstoff umgewandelt, und ist er in die Atmosphäre entwichen, oder hat er sich in eine unlösliche Verbindung umgesetzt, die vom Wasser nicht ausgewaschen werden konnte? Hierüber geben die angeführten Versuche noch keinen Aufschluss; sie zeigen nur, dass der „verloren gegangene" Stickstoff nicht mehr in Form von löslichem Stickstoff, denn die Filtrate enthielten ausser dem wiedergefundenen Salpeter-Stickstoff nur noch Spuren von Ammoniak- und organischem Stickstoff, vorhanden war. Ein völliges „Verschwundensein" des nicht wiedergefundenen Stickstoffs aber haben die Versuche noch nicht erwiesen. Wir haben jetzt also die folgende Frage zu prüfen:

Wird der Salpeter-Stickstoff durch den Tierkot nur in unlösliche bezw. durch den Boden absorbierbare Verbindungen umgewandelt, oder verschwindet er vollständig; wird er etwa in freien Stickstoff umgewandelt, der in die Atmosphäre entweicht?

Zur Prüfung dieser Frage dienten uns die folgenden Versuche:

Frischer Pferdekot wurde durch ein 4 mm weites Sieb gebracht. In je 5 g der gesiebten Kotmasse wurde der Stickstoffgehalt ermittelt. Je 5 g bezw. 10 g der Kotmasse wurden in Kochfläschchen von 200 ccm Rauminhalt gebracht, mit je 100 ccm einer Lösung von salpersaurem Natron übergossen, welche genau 40 mg Stickstoff enthielten. Die Fläschchen wurden lose verkorkt zur Seite gestellt. Eins derselben von Tag zu Tag auf Salpetersäure geprüft und nachdem nach Ablauf von 7, bezw. 10, bezw. 13 Tagen mit Diphenylamin keine Salpersäure mehr nachgewiesen werden konnte, wurde der Stickstoff des Kölbcheninhaltes der Parallelversuche bestimmt.

Das Weitere ersieht man aus der Tabelle (s. S. 115).

Diese Versuche ergaben, dass die den 5 bezw. 10 g Pferdekot zugefügten 40 mg Salpeter-Stickstoff während der Dauer von 7, bezw. 10, bezw. 13 Tagen völlig verschwunden waren.

Die Versuche zeigen, **dass der frische Pferdekot zersetzend auf Nitrate einwirkt, er reduziert den Salpeter-Stickstoff zu freiem luftförmigen Stickstoff, der in die Atmosphäre entweicht.**

Versuche über die denitrifizierende Wirkung des Pferdekotes.

Versuchsreihe I,

angesetzt am 20. Juni, beendet am 3. Juli.

am 20. Juni				am 3. Juli		
Stickstoff in 5 g Pferdekot		Zugefügter Salpeter-Stickstoff	In Summa vorhandener Stickstoff	Stickstoff im Kolbeninhalt		Stickstoffverlust v. 20. Juni bis 3. Juli
Einzelbestimmung	Mittel	g	g	Einzelbestimmung	Mittel	g
0.0343 0.0357	0.0350	0.0400	0.0750	0.0369 0.0364 0.0371 0.0375 0.0364	0.0369	0.0381

Versuchsreihe II

angesetzt am 23. Juni, beendet am 30. Juni

am 23. Juni				am 30. Juni		
0.0305 0.0313 0.0315 0.0317 0.0319 0.0322	0.0315	0.0400	0.0715	0.0336	0.0336	0.0379

Versuchsreihe III

angesetzt am 17. Juli, beendet am 27. Juli

am 17. Juli				am 27. Juli		
Stickstoff in 10 g Pferdekot						
0.0620 0.0609 0.0613 0.0613 0.0623	0.0616	0.0400	0.1016	0.0613 0.0623 0.0613 0.0616	0.0616	0.0400

Und wenn wir fragen, welcher Bestandteil des Tierkotes es ist, der die Zersetzung des Salpeter-Stickstoffs bewirkt, so liegt es wohl nahe — und durch geeignete Versuche haben wir es bestätigt gefunden —, dass wir es hier mit nichts anderem als mit der Thätigkeit von **Bakterien** zu thun haben. Schon vor zwei Jahren habe ich vorläufige Mitteilungen hierüber in der Deutschen landwirtschaftlichen Presse gemacht und seitdem sind — namentlich auch von Stutzer — umfassende Forschungen

über die salpeterzersetzenden Bakterien angestellt worden. Man hat es bestätigt gefunden, dass im Kot der Tiere diese Bakterien massenhaft auftreten, und insbesondere auch Maerckers Forschungen haben den gewaltigen Einfluss bestätigt, den diese Bakterien auf die Stickstoffverluste im Stallmist und im Kulturboden ausüben.

Will man sich die überraschend grosse Intensität vor Augen führen, mit welcher die durch die Kotbakterien zu bewirkende Salpeterzersetzung vor sich geht, so bringe man etwa 100 g frischen Pferdekot in eine Flasche, giesse 1 l Wasser darauf, in welchem man ca. 5 g Chilisalpeter gelöst hat, und lasse die Flasche im warmen Zimmer stehen. Nach einigen Tagen wird man die Erscheinungen einer beginnenden „Gärung" wahrnehmen. Unter Gasentwickelung und Schaumbildung zersetzt sich der zugefügte Salpeter, man bemerkt, wie der frei werdende Stickstoff in Form kleiner Luftbläschen in die Atmosphäre entweicht.

Zur Illustration dieser Thatsache und zur weiteren Bestätigung des Gesagten mögen die folgenden Versuche dienen.

Am 10. April 1894 wurden in je eine 5 l-Flasche

a) 500 g frischer Pferdekot
b) 250 „ „ „
c) 50 „ „ „

gebracht, mit je 4 l Wasser und 200 ccm einer Salpeterlösung, enthaltend 2 g Salpeter-N, übergossen und bei Zimmertemperatur stehen gelassen.

Das Resultat dieser Versuche war das folgende:

Von je 100 Teilen der Mischung beigefügten Salpeter-N's wurden wiedergefunden:

bei Anwendung von . .	500 g	250 g	50 g frischen Pferdekots
bei Beginn des Versuchs	100 Teile	100 Teile	100 Teile Salpeter-N
nach 2 Tagen	97 „	86 „	97 „ „
„ 4 „	87 „	63 „	93 „ „
„ 6 „	39 „	26 „	84 „ „
„ 8 „	14 „	5 „	80 „ „
„ 11 „	7 „	0 „	76 „ „
„ 14 „	0 „		72 „ „
„ 37 „			57 „ „
„ 42 „			55 „ „
„ 48 „			53 „ „
„ 55 „			48 „ „
„ 65 „			46 „ „
„ 73 „			41 „ „
„ 98 „			35 „ „
„ 118 „			21 „ „
„ 178 „			0 „ „

Das Resultat, zu welchem unsere hier mitgeteilten Versuchsreihen geführt haben, ist nun das folgende:

Wenn die festen Exkremente den Tierkörper verlassen und mit Harn und Streu sich zu Stallmist vereinigt haben, beginnen die Bakterien ihr Zerstörungswerk. Harn-Stickstoff geht unter dem Einfluss bestimmter Bakterien schnell über in Ammoniak, und durch Ammoniakverdunstung im Stall, in der Jauchegrube, auf der Miststätte, sowie beim Ausfahren und Breiten des Mistes können erhebliche Stickstoffverluste entstehen. Der Ammoniak-Stickstoff aber geht je nach den besonderen Verhältnissen der Behandlung und Aufbewahrung des Mistes bald schneller, bald langsamer in Salpeter-Stickstoff über, und der Salpeter-Stickstoff wird durch Kotbakterien in freien Stickstoff zersetzt, der in die Atmosphäre entweicht.

So kommt es denn, dass man in der landw. Praxis einen Stallmist gewinnt, der sehr erheblich ärmer ist an schnellwirkendem Ammoniak-Salpeterstickstoff, als er es nach Massgabe des ursprünglichen Stickstoffgehaltes und des Mengenverhältnisses seiner Komponenten (Harn, Kot und Streu) sein müsste.

Es ist unsere Aufgabe, die Stickstoffverluste zu verhüten, die einesteils durch Verdunstung von Ammoniak und andernteils durch Zersetzung von aus dem Ammoniak-Stickstoff sich bildenden Salpeter-Stickstoff entstehen.

An diese Aufgabe haben wir jetzt heranzutreten.

Um in alle in Betracht kommenden Verhältnisse einen möglichst klaren Einblick zu gewinnen, wird es sich empfehlen, vorerst nicht mit einem Gemenge von Harn, Kot und Streu zu experimentieren, sondern die Komponenten des Stallmistes einzeln ins Auge zu fassen.

Wenn die bisherigen Versuche es uns wahrscheinlich gemacht haben, dass die Hauptquelle der Stickstoffverluste in den Umsetzungs- und Zersetzungsvorgängen des Harn-Stickstoffs zu suchen ist, so ist dies doch noch nicht bewiesen. Auch der Kot-Stickstoff kann ja möglicherweise erheblichen Stickstoffverlusten unterliegen. Ist es doch bekannt, dass der Kot, besonders schnell der Pferdekot, sich stark erhitzt, wenn er in Haufen lagert, und dass tiefgreifende Zersetzungen dabei in ihm vor sich gehen, Zersetzungen die sich schon durch die Veränderung der Farbe und durch erhebliche Verluste an organischer Substanz

bemerklich machen. Sehr möglich aber ist es, dass die Vorgänge, welche eine Erhitzung, eine Oxydation und Humifizierung der Kotmasse herbeiführen, auch von Stickstoffverlusten begleitet sind.

Um diese Frage zu prüfen, wurden die folgenden Versuche ausgeführt.

Frischer Pferdemist aus der hiesigen Artilleriekaserne, der zum weitaus grössten Teil nur aus Pferdekot, den täglich zweimal aus dem Stall entfernten festen Exkrementen, bestand, wurde in cylindrische Zinkgefässe von 40 cm Durchmesser und 50 cm Höhe gefüllt und 8 bezw. 24 Monate lang stehen gelassen. Der Stickstoffgehalt und die Trockensubstanz des Mistes wurden vor und nach dem Versuch ermittelt und die erhaltenen Resultate miteinander verglichen.

Da die üblichen „Konservierungsmittel" Gips, Superphosphatgips und Kainit möglicherweise von Einfluss auf die Zersetzungsvorgänge des Mistes sein konnten, so wurden zugleich Versuche ausgeführt, bei welchen der Mist Zusätze der genannten Konservierungsmittel erhielt.

Ich will jetzt eine Beschreibung der Versuche folgen lassen.

Versuchsreihe I.

Der Pferdemist kam vollkommen frisch zur Verwendung. Derselbe war am 29. Mai 1893 produziert, an dem gleichen Tage in den Ställen der Kaserne gesammelt und in die Versuchsstation verbracht worden.

Am 30. Mai früh morgens wurde er auf einer Cementunterlage gemischt, durch einen Durchwurf von 3 cm Weite gebracht, auf einen Haufen zusammengetragen und mit Tüchern bedeckt, um die Wasserverdunstung zu hindern.

Von dieser Masse wurden Portionen von je 5 kg abgewogen und (teils mit, teils ohne Zusatz von Konservierungsmitteln) 16 Blechgefässe damit gefüllt. Die Füllung geschah in folgender Weise: Die Blechgefässe wurden in eine Reihe gestellt. In jedes derselben wurden 5 kg Mist gebracht, die eingefüllte Masse horizontal geebnet und (in allen Gefässen gleichmässig) festgetreten. Wo ein Zusatz von Konservierungsmitteln zu geschehen hatte, wurde die auf 5 kg Mist berechnete Menge der Konservierungsmittel auf die horizontal gebreitete Schicht gestreut, mit der Hand gemengt, wieder horizontal geebnet und darauf festgetreten. Nachdem alle 16 Gefässe mit der ersten Schicht

gefüllt waren, folgte in gleicher Weise die zweite Schicht à 5 kg, bis nach Einbringen der 8. Schicht die Gefässe gefüllt waren.

Während des Füllens wurde viermal eine Untersuchungsprobe von je 5 kg genommen, und zwar nach dem Einfüllen der 1., der 3., 5. und 7. Schicht. Jede Untersuchungsprobe wurde in eine Porzellanschale gebracht, sofort mit Essigsäure bis zur stark sauren Reaktion versetzt, sorgfältig durchmischt, dann in eine flache emaillierte Metallschale gebreitet, bei 40 bis 50° C. getrocknet, gewogen, gemahlen und zur Bestimmnng von Feuchtigkeit und Stickstoff verwendet.

Als Konservierungsmittel kamen die folgenden zur Verwendung:

1. Gips, ein bei der Verarbeitung von Phosphorit auf Doppelsuperphosphat resultierender Abfallgips, geliefert von der Firma Müller, Packard & Co., Wetzlar.
2. Doppelsuperphosphat mit 42.45 % wasserlösl. Phosphorsäure.
3. Kainit mit 12.68 % Kali.

Auf je 100 Teile Mist wurden die folgenden Mengen der Konservierungsmittel verwandt:

1. 3 Teile Gips,
2. 3 Teile Gips und 0.3 Teile lösl. Phosphorsäure in Form von Doppelsuperphosphat,
3. 2 Teile Kainit.

Die vollständig beschickten Gefässe wurden unbedeckt in eine 1 m tiefe, mit Cement ausgemauerte Grube gestellt. Die Grube war mit einem Holzdach gedeckt, welches gegen Sonne und Regen schützte, nicht aber die Luftcirkulation hinderte. Am 20. Juli und 19. September 1893 wurden auf jedes Gefäss 5 l Wasser gegossen.

Die Anordnung der Versuche war die folgende.

Reihe a.

Versuch

1. 40 kg Pferdemist ohne Zusatz,
2. 40 „ „ mit Gips,
3. 40 „ „ mit Gips und Superphosphat,
4. 40 „ „ mit Kainit.

Jeder dieser Versuche wurde in 2 Parallelgefässen ausgeführt. Die Gefässe wurden am 30. Mai 1893 gefüllt. Am 22. Januar 1894 (also nach ca. 8 Monaten) wurden die Gefässe in einen geräumigen, mit Blech ausgeschlagenen Holzkasten ent-

leert, der Inhalt wurde sorgfältig durchmischt, gewogen und eine Mittelprobe daraus genommen. Der Inhalt der je 2 Parallelgefässe wurde darauf vermischt und von dieser Mischung wurden in das eine der Parallelgefässe 25 bezw. 30 kg derselben lose, in das andere 46 bezw. 52 kg der Mischung unter Festtreten eingefüllt.

Die Gefässe blieben darauf bis zum 14. Mai 1895 (also um weitere ca. 16 Monate) stehen. Dann wurden sie wie oben angegeben entleert, der Inhalt wurde sorgfältig durchmischt, gewogen und eine Mittelprobe aus ihm genommen. Die Behandlung der Mittelprobe geschah wie oben beschrieben.

Reihe b.

Versuch
5. 40 kg Pferdemist ohne Zusatz,
6. 40 „ „ mit Gips,
7. 40 „ „ mit Gips und Superphosphat,
8. 40 „ „ mit Kainit.

Jeder Versuch wurde in 2 Parallelgefässen ausgeführt. Die Gefässe wurden am 30. Mai 1893 gefüllt. Am 14. Mai 1895 (also nach Ablauf von ca. 24 Monaten) wurden sie wie oben bei Reihe a angegeben entleert, der Inhalt wurde durchmischt, gewogen und eine Mittelprobe von ihm genommen.

Die folgenden Zusammenstellungen geben Auskunft über die erhaltenen Resultate.

Versuchsreihe Ia.

Tabelle I.

Analytische Angaben über den Gehalt des frischen Pferdemistes.

(Eingefüllt den 30. Mai 1893.)

No. der Proben	Je 5 kg frischen Pferdemistes ergaben lufttrockene Substanz	Die lufttrockene Substanz enthielt:			Je 5 kg frischen Pferdemistes enthielten:		
		Trockensubstanz	Gesamt-Stickstoff	Ammoniak-Stickstoff	Trockensubstanz	Gesamt-Stickstoff	Ammoniak-Stickstoff
	kg	%	%	%	kg	g	g
1	1.8636	92.63	0.97	0.053	1.7263	18.077	0.988
3	1.8625	92.09	0.97	0.053	1.7152	18.066	0.987
5	1.8614	91.91	0.96	0.049	1.7108	17.869	0.912
7	1.8495	91.51	0.97	0.049	1.6925	17.940	0.906
Summe (entspr. 20 kg frischen Pferdemistes):					6.8448	71.952	3.793

Versuchsreihe Ia.

Tabelle 2.

Analytische Angaben über den gelagerten Pferdemist.

Dauer der ersten Lagerung: ca. 8 Monate (vom 30. Mai 1893 bis 22. Januar 1894).

Konservierungsmittel.	No. des Versuchs	Gefässinhalt kg	Je 5 kg des Gefässinhaltes ergaben lufttrock. Substanz kg	Die lufttrockene Substanz enthielt: Trockensubstanz %	Gesamt-Stickstoff %	Ammoniak-Stickstoff %	Je 5 kg des Gefässinhaltes enthielten: Trockensubstanz kg	Gesamt-Stickstoff g	Ammoniak-Stickstoff g
Ohne Zusatz	1a	43.3	1.3074	89.26	1.24	0.028	1.1670	16.212	0.366
	1b	43.8	1.2973	89.52	1.23	0.032	1.1613	15.957	0.415
	Mittel	**43.6**	—	—	—	—	**1.1642**	**16.085**	**0.391**
Zusatz von 3% Gips	2a	43.9	1.4140	90.33	1.08	0.014	1.2773	15.271	0.198
	2b	43.8	1.4870	90.11	1.10	0.018	1.3399	16.357	0.268
	Mittel	**43.9**	—	—	—	—	**1.3086**	**15.814**	**0.233**
Zusatz von 3% Gips + 0.3% Phosphorsäure	3a	44.1	1.4721	90.19	1.03	0.025	1.3277	15.163	0.368
	3b	43.7	1.5397	90.29	1.02	0.028	1.3902	15.705	0.431
	Mittel	**43.9**	—	—	—	—	**1.3590**	**15.434**	**0.400**
Zusatz von 2% Kainit	4a	43.4	1.4718	87.89	1.10	0.025	1.2936	16.190	0.368
	4b	43.4	1.4676	87.44	1.10	0.025	1.2833	16.144	0.367
	Mittel	**43.4**	—	—	—	—	**1.2885**	**16.167**	**0.368**

Versuchsreihe Ia.

Tabelle 3.

Analytische Angaben über den gelagerten Pferdemist.

Dauer der zweiten Lagerung: ca. 16 Monate (22. Januar 1894 bis 14. Mai 1895).

Konservierungsmittel.	Lagerung	Gefässinhalt kg	Je 5 kg des Gefässinhaltes ergaben lufttr. Substanz kg	Die lufttrockene Substanz enthielt: Trockensubstanz %	Gesamt-Stickstoff %	Ammoniak-Stickstoff %	Je 5 kg des Gefässinhaltes enthielten: Trockensubstanz kg	Gesamt-Stickstoff g	Ammoniak-Stickstoff g
Ohne Zusatz	lose	23.0	1.1740	93.08	1.55	0.044	1.0928	18.197	0 517
	fest	35.0	1.3815	93.38	1.34	0.035	1.2900	18.512	0.484
Zusatz von 3% Gips	lose	18.9	1.3645	93.03	1.49	0.035	1.2694	20.331	0.478
	fest	38.6	1 5445	93.48	1.25	0.039	1.4438	19.306	0.602

Noch Tabelle 3.

Konservierungsmittel.	Lagerung	Gefässinhalt kg	Je 5 kg des Gefässinhaltes ergaben lufttr. Substanz kg	Die lufttrockene Substanz enthielt: Trockensubstanz %	Gesamt-Stickstoff %	Ammoniak-Stickstoff %	Je 5 kg des Gefässinhaltes enthielten: Trockensubstanz kg	Gesamt-Stickstoff g	Ammoniak-Stickstoff g
Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % Phosphorsäure	lose	19.3	1.4035	94.33	1.41	0.037	1.3239	19.789	0.519
	fest	41.0	1.5125	93.50	1.27	0.033	1.4142	19.209	0.499
Zusatz von 2 % Kainit	lose	19.2	1.3755	93.05	1.46	0.037	1.2799	20.082	0.509
	fest	39.0	1.5120	92.85	1.38	0.037	1.4039	20.866	0.559

Versuchsreihe Ia.

Tabelle 4.

Gesamtergebnisse der Versuchsreihe Ia nach der ersten Lagerung.

Am 30. Mai 1893 wurden in jedes Gefäss 40 kg frischen Pferdemistes gebracht, welche enthielten (nach Tabelle 1):

13.69 kg (entspr. 34.22 %) Trockensubstanz
= 0.1439 kg (entspr. 0.360 %) Gesamt-Stickstoff
= 0.0076 kg (entspr. 0.019 %) Ammoniak-Stickstoff.

Nach ca. 8 Monaten (am 22. Januar 1894) wurden die Gefässe entleert und — wie aus Tabelle 2 sich ergiebt — darin gefunden:

Konservierungsmittel.	No. des Versuchs	Trockensubstanz kg	Trockensubstanz abzügl. Konservierungsmittel kg	Gesamt-Stickstoff kg	Ammoniak-Stickstoff kg	Von je 100 kg eingefüllter Trockensubst. waren nach 24 Monaten noch vorhanden kg	Von je 100 kg eingefüllten Gesamt-Stickst. waren nach 24 Monaten noch vorhanden kg
Ohne Zusatz	1.	10.140	10.140	0.1401	0.0034	74	97
Zusatz von Gips . .	2.	11.476	10.276	0.1387	0.0020	75	96
Zusatz von Gips+Phosphorsäure .	3.	11.932	10.432	0.1355	0.0035	76	94
Zusatz von Kainit . .	4.	11.184	10.384	0.1403	0.0032	76	97

Versuchsreihe Ia.

Tabelle 5.

Gesamtergebnisse der Versuchsreihe Ia nach der zweiten Lagerung.

Der nach 8 Monaten aus den Gefässen genommene Mist wurde nach dem Mischen wieder in die Gefässe eingefüllt und weitere 16 Monate liegengelassen. Am 14. Mai 1895 wurden die Gefässe entleert und (wie aus Tabelle 3 sich berechnet) die folgenden Resultate erhalten:

Konservierungsmittel.	Art der Lagerung	Bei Beginn des Versuchs (22. Januar 1894) war pro Gefäss vorhanden:					Am Ende des Versuchs (14. Mai 1895) wurde pro Gefäss wiedergefunden:					Von je 100 kg ursprüngl. (30. Mai 1893) im frischen Pferdemist vorhanden. **Trockensubstanz** waren nach 2 Jahren noch vorhanden	Von je 100 kg ursprüngl. (30. Mai 1893) im frischen Pferdemist vorhanden. **Gesamt-Stickstoff**waren nach 2 Jahren noch vorhanden
		Feuchter, 8 Monat alter Pferdemist	Trocken-substanz	Trockensubstanz abzüglich Konservierungsmittel	Gesamt-Stickstoff	Ammoniak-Stickstoff	Feuchter, 2 Jahre alter Pferdemist	Trocken-substanz	Trockensubstanz abzüglich Konservierungsmittel	Gesamt-Stickstoff	Ammoniak-Stickstoff		
		kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Ohne Zusatz	lose	30.1	7.008	7.008	0.0968	0.0024	23.0	5.027	5.027	0.0837	0.0024	**53**	**84**
	fest	46.3	10.780	10.780	0.1489	0.0036	35.0	9.030	9.030	0.1296	0.0034	**62**	**85**
Zusatz von 3 % Gips	lose	25.2	6.595	5.906	0.0797	0.0012	18.9	4.798	4.109	0.0769	0.0018	**52**	**93**
	fest	52.0	13.609	12.188	0.1645	0.0024	38.6	11.146	9.725	0.1490	0.0046	**60**	**87**
Zusatz von 3 % Gips +0.3 % Phosphors.	lose	25.3	6.877	6.013	0.0781	0.0020	19.3	5.110	4.246	0.0764	0.0020	**54**	**92**
	fest	52.4	14.242	12.452	0.1617	0.0042	41.0	11.596	9.806	0.1575	0.0041	**60**	**92**
Zusatz von 2 % Kainit	lose	25.5	6.571	6.101	0.0825	0.0019	19.2	4.915	4.445	0 0771	0.0020	**55**	**91**
	fest	51.2	13.194	12.250	0.1656	0.0038	39.0	10.950	10.006	0.1628	0.0044	**62**	**96**

Versuchsreihe Ib.

Tabelle 6.

Analytische Angaben über den gelagerten Pferdemist.

Dauer der Lagerung: ca. 2 Jahre (vom 30. Mai 1893—14. Mai 1895.)

Konservierungsmittel.	No. des Versuchs	Gefässinhalt kg	Je 5 kg des Gefässinhaltes ergaben lufttrock. Substanz kg	Die lufttrockene Substanz enthielt: Trockensubstanz %	Gesamt-Stickstoff %	Ammoniak-Stickstoff %	Je 5 kg des Gefässinhaltes enthielten: Trockensubstanz kg	Gesamt-Stickstoff g	Ammoniak-Stickstoff g
Ohne Zusatz	1a	38.0	1.2325	93.65	1.23	0.037	1.1542	15.160	0.456
	1b	37.9	1.2510	93.58	1.22	0.049	1.1707	15.262	0.613
	Mittel	38.0					1.1625	15.211	0.535
Zusatz von 3% Gips .	2a	38.4	1.3650	93.54	1.28	0.035	1.2768	17.472	0.478
	2b	38.6	1.3545	94.00	1.22	0.032	1.2732	16.525	0.433
	Mittel	38.5					1.2750	16.999	0.456
Zusatz von 3% Gips . + 0.3% Phosphorsäure	3a	39.0	1.3885	93.65	1.21	0.042	1.3003	16.801	0.583
	3b	39.3	1.3645	94.25	1.21	0.035	1.2860	16.510	0.478
	Mittel	39.2					1.2932	16.656	0.531
Zusatz von 2% Kainit	4a	37.5	1.3720	92.27	1.35	0.039	1.2659	18.522	0.535
	4b	37.8	1.3525	93.50	1.38	0.040	1.2646	18.665	0.541
	Mittel	37.7					1.2653	18.594	0.538

(Tabelle 7 siehe Seite 125.)

Aus den Resultaten der Versuche ersieht man das Folgende.

1. Bei der Reihe a sind nach 8monatiger Lagerung des Pferdemistes von je 100 Teilen Trockensubstanz im Mittel **25 Teile** verloren gegangen (Tabelle 4). Es ist dabei ganz gleichgiltig gewesen, ob der Pferdemist mit Gips, Superphosphatgips, Kainit versetzt war oder nicht, denn es gingen verloren:

ohne Zusatz . . . . . 26 Teile Trockensubstanz,
bei Zusatz von Gips . . . . . 25 „ „
„ „ „ „ und Superphosphat . . 24 „ „
„ „ „ Kainit . . . . . 24 „ „ .

Die Differenzen sind so gering, dass sie innerhalb der Grenzen der Versuchsfehler fallen.

Versuchsreihe Ib.

Tabelle 7.

Gesamtergebnisse der Versuchsreihe 1b.

Nach ca. 2jähriger Lagerung (vom 30. Mai 1893 bis 14. Mai 1895) wurden (wie aus Tabelle 6 sich ergiebt) die folgenden Resultate erhalten:

Konservierungsmittel.	No. des Versuchs	Trockensubstanz kg	Trockensubstanz abzügl. Konservierungsmittel kg	Gesamt-Stickstoff kg	Ammoniak-Stickstoff kg	Von je 100 kg eingefüllter Trockensubst. waren nach 2 Jahren noch vorhanden kg	Von je 100 kg eingefüllten Gesamt-Stickst. waren nach 2 Jahren noch vorhanden kg
Ohne Zusatz	1	8.835	8.835	0.1156	0.0041	65	80
Zusatz von 3 % Gips .	2	9.818	8.618	0.1309	0.0035	63	91
Zusatz von 3% Gips + 0.3% Phosphorsäure .	3	10.139	8.639	0.1306	0.0042	63	91
Zusatz von 2 % Kainit	4	9.540	8.740	0.1402	0.0041	64	97

2. Bei der Reihe a sind nach 8 monatiger Lagerung, darauf erfolgtem Umfüllen und weiterer 16 monatiger Lagerung im ganzen also nach 24 monatiger Lagerung von je 100 Teilen Trockensubstanz im Mittel verloren gegangen (Tabelle 5):

1. bei loser Lagerung . . . **46** Teile Trockensubstanz,
2. bei fester Lagerung . . **39** „ „ .

Es ist dabei wiederum ganz gleichgiltig gewesen, ob der Mist mit den genannten Konservierungsmitteln versetzt war oder nicht, denn es gingen verloren:

	lose gelagert	fest gelagert
ohne Zusatz	47 Teile	38 Teile Trockensubstanz,
bei Zusatz von Gips	48 „	40 „ „
„ „ „ „ u. Superphosphat	46 „	40 „ „
„ „ „ Kainit	45 „	38 „ „

Auch hier sind die Differenzen so gering, dass sie die Fehlergrenzen nicht überschreiten.

3. Bei der Reihe a sind nach 8 monatiger Lagerung von je 100 Teilen Gesamt-Stickstoff im Mittel **4** Teile verloren gegangen (Tabelle 4). Dieser Verlust ist ein so geringer, dass er

gleich 0 zu erachten ist. Auch die Differenz unter den ohne Zusatz gebliebenen und den mit Konservierungsmitteln verzetzten Proben ist eine so geringe, dass sie die Fehlergrenzen nicht überschreitet, denn es gingen verloren:

ohne Zusatz	3	Teile	Stickstoff,
bei Zusatz von Gips	4	„	„
„ „ „ „ und Superphosphat	6	„	„
„ „ „ Kainit	3	„	„ .

4. Bei der Reihe a sind nach 8 monatiger Lagerung, darauf erfolgtem Umfüllen und weiterer 16 monatiger Lagerung, im ganzen also nach 24 monatiger Lagerung von je 100 Teilen Gesamt-Stickstoff verloren gegangen (Tabelle 5):

	lose gelagert		fest gelagert		
ohne Zusatz	16	Teile	14	Teile	Stickstoff,
bei Zusatz von Gips	7	„	13	„	„
„ „ „ „ und Superphosphat	8	„	8	„	„
„ „ „ Kainit	9	„	4	„	„
Mittel	10	Teile	10	Teile	Stickstoff.

Der mittlere Stickstoffverlust beträgt hier 10 %. Fest oder lose gelagert hat im Mittel keine Differenz ergeben. Eine Wirkung der Konservierungsmittel ist im Mittel der Versuche (nur der Versuch mit Gips zeigte eine Unregelmässigkeit) erkennbar, aber die Wirkung ist eine so geringe, dass sie keine praktische Bedeutung hat.

5. Bei der Reihe b sind nach 24 monatiger Lagerung von je 100 Teilen Trockensubstanz im Mittel **36** Teile verloren gegangen.

Dies Resultat stimmt mit dem der Reihe a gut überein, denn bei dieser waren nach zunächst 8 monatiger Lagerung, darauf erfolgtem Umfüllen und weiterer 16 monatiger (fester) Lagerung 39 Teile verloren gegangen.

Auch bei Reihe b ist es (in genauer Übereinstimmung mit Reihe a) ganz gleichgiltig gewesen, ob der Mist mit Konservierungsmitteln versetzt war oder nicht, denn es gingen verloren:

ohne Zusatz	35	Teile	Trockensubstanz,
bei Zusatz von Gips	37	„	„
„ „ „ „ und Superphosphat	37	„	„
„ „ „ Kainit	36	„	„
Mittel	36	Teile	Trockensubstanz.

6. Bei der Reihe b sind nach 24 monatiger Lagerung von je 100 Teilen Gesamt-Stickstoff verloren gegangen (Tabelle 7):

ohne Zusatz . . . . . 20 Teile,
bei Zusatz von Gips . . . . . 9 „
„ „ „ „ und Superphosphat . . . . . 9 „
„ „ „ Kainit . . . . . 3 „ .

Der Einfluss der Konservierungsmittel tritt hier deutlicher und zuverlässiger hervor als bei der Reihe a. Immerhin aber bleibt die Wirkung in Ansehung der langen Lagerungsdauer von nicht weniger, als 2 Jahren, eine praktisch bedeutungslose.

7. Die Differenzen im Ammoniakgehalt der Mistproben sind bei der Reihe a sowohl als bei der Reihe b so sehr gering, dass die diesbezüglichen Ergebnisse ganz bedeutungslos sind und einer weiteren Besprechung nicht bedürfen.

Wollen wir das Gesamtergebnis dieser Versuchsreihen kurz zum Ausdruck bringen, so besteht es darin, dass der Pferdemist (der wesentlich aus frischem Pferdekot und geringer Beimengung von Streu-Strohbestand, Harn in nur äusserst geringer Menge enthielt) bei 8 monatiger Lagerung wesentliche Verluste an organischer Substanz erlitten hatte, dass aber die Stickstoffverluste nur 4% betrugen.

Eine Wirkung der verwendeten Konservierungsmittel war nicht nachzuweisen. Erst bei den Versuchen, die eine 24 monatige Lagerung aufwiesen, war eine geringe Wirkung der Zusätze zu Gunsten der Stickstoff-Konservierung zu konstatieren, während die Verluste an Trockensubstanz überall die gleichen geblieben waren.

Der Stickstoff der festen Exkremente scheint nach dem Ergebnis dieser Versuche also sehr langsam in lösliche und in Ammoniak sich umbildende Verbindungen überzugehen, er scheint der Gefahr eines durch Verflüchtignng oder Zersetzung entstehenden Verlustes sehr wenig ausgesetzt zu sein und der Konservierung mithin nicht zu bedürfen.

Aber die mitgeteilten Versuche sind noch nicht genügend um sichere und praktisch verwertbare Schlüsse daraus zu ziehen. Sie bedürfen einer weiteren Kontrole. Es kann einer weitgehenden Schlussfolgerung aus den Versuchen beispielsweise schon der Einwand gemacht werden, dass jedes Gefäss eine nur relativ geringe Menge von Mist (nur 40 kg) enthielt, in welcher die Erwärmung des Mistes und dementsprechend wohl auch die Intensität seiner Zersetzung nicht die Höhe erreichen konnte, wie sie unter den Verhältnissen der Praxis auftritt.

Wir hielten es daher für notwendig, eine weitere Versuchsreihe einzuleiten, bei welcher grössere Mengen von Mist zur Verwendung gelangten.

Versuchsreihe II.

Die Versuche wurden in 12 ausgemauerten cementierten Gruben von 1 cbm Inhalt ausgeführt. Als Versuchsmaterial diente wie bei Reihe I ein frisch gesammelter Pferdemist aus der hiesigen Artilleriekaserne; auch die oben erwähnten Konservierungsmittel gelangten wieder zur Verwendung.

Das Füllen der Gruben wurde, wie bei Versuchsreihe I beschrieben, ausgeführt; für jede Schicht wurden 50 kg Mist abgewogen und jede Grube fasste 14 Schichten, zusammen also 700 kg Mist. Nachdem in jede der 12 Gruben eine Schicht Mist gebracht war, wurde dem Vorratshaufen eine Mittelprobe von 5 kg zur Untersuchung (s. o.) entnommen; dies wurde bei jeder neuen Schicht wiederholt, so dass im ganzen 14 Mittelproben zur Feststellung des Gehaltes des Mistes an Trockensubstanz und Stickstoff erhalten wurden.

Das Füllen der Gruben wurde vom 24. bis 27. Mai 1893 mit täglich frisch gesammeltem Mist vorgenommen.

Die Gruben wurden — wie bei Reihe I bereits erwähnt — mit einem Holzdach (Satteldach, das mit Dachpappe bekleidet war) überdeckt, welches Schutz gegen Regen und Sonne gab, die Cirkulation der Luft dagegen nicht hinderte.

Auf die Oberfläche des Mistes wurden während der Lagerungsdauer dreimal 10 l Wasser pro Grube gegossen. Die Lagerung währte vom 24. bezw. 27. Mai bis 20. bezw. 22. September 1893, also rund 4 Monate.

Während der Lagerung wurden von Zeit zu Zeit Temperaturmessungen in verschiedenen Schichten des Mistes ausgeführt.

Die Anordnung der Versuche war die folgende:

Versuch	
1	Pferdemist ohne Zusatz,
2	„ mit Zusatz von 3% Gips,
3	„ „ „ „ 3% „ und 0.3% löslicher Phosphorsäure in Form von Doppelsuperphosphat,
4	„ „ „ „ 2% Kainit.

Jeder Versuch wurde dreimal, also in 3 Parallelgruben (a b und c) ausgeführt.

Am 20., 21. und 22. September wurde die Entleerung der Gruben vorgenommen. Der Mist wurde sorgfältig gesammelt, unter eine Halle gebracht, auf dem cementierten Boden der Halle gemischt, gewogen und aus der Masse eines jeden Parallelversuchs eine Untersuchungsprobe von 5 kg genommen. Zur Kontrole wurde ausserdem der Inhalt von je 3 Parallelgruben zusammengeworfen, durchmischt und von dieser Mischung je 2 Mittelproben zur Untersuchung verwendet.

Die Behandlung der Untersuchungsproben ist oben beschrieben.

Ich gebe in den nachfolgenden Tabellen die Ergebnisse dieser Versuche.

Versuchsreihe II.

Tabelle 1.

Analytische Angaben über den Gehalt des Pferdemistes.

(Eingefüllt vom 24.—27. Mai 1893.)

Datum des Einfüllens und der Probenahme.	No. der Proben bezw. der Schicht	Je 5 kg frischen Pferdemistes ergaben lufttrock. Substanz	Die lufttrockene Substanz enthielt:			Je 5 kg frischen Pferdemistes enthielten:		
			Trockensubstanz	Gesamt-Stickstoff	Ammoniak-Stickstoff	Trockensubstanz	Gesamt-Stickstoff	Ammoniak-Stickstoff
		kg	%	%	%	kg	g	g
24. Mai	1.	1.8582	91.27	1.00	0.053	1.6960	18.582	0.985
	2.	1.8404	92.23	1.02	0.053	1.6974	18.772	0.975
	3.	1.8378	92.09	1.01	0.054	1.6924	18.562	0.992
25. Mai	4.	1.7343	92.46	1.01	0 056	1.6035	17.516	0.971
	5.	1.7363	92.74	1.02	0 060	1.6102	17.710	1.042
	6.	1.7906	92.68	0.96	0.058	1.6595	17.190	1.039
	7.	1.7901	92.21	0.96	0.075	1.6507	17.185	1.343
	8.	1.7287	92.82	0.99	0.063	1.6046	17.114	1.089
26. Mai	9.	1.7909	92.53	0.97	0.054	1.6571	17.372	0.967
	10.	1.7794	92.82	0.97	0.053	1.6516	17.260	0.943
	11.	1.8162	92 31	0.97	0.065	1.6765	17.617	1.181
	12.	1.8363	92.53	0.96	0.063	1.6991	17.628	1.157
27. Mai	13.	1.7853	92.13	0.98	0.063	1.6448	17.496	1.125
	14.	1.7764	92.72	0.99	0.063	1.6471	17.586	1.119
Summe (entspr. 70 kg frisch. Pferdemistes):						23.1905	247.590	14.928

Versuchsreihe II.

Tabelle 2.

Temperaturmessungen des Pferdemistes in den Cementgruben.

Konservierungsmittel.	bei einer Tiefe von cm	Die Temperatur betrug in Graden Celsius: am 29. Mai	am 3. Juni	am 10. Juni	am 21. Juni	am 10. Juli	am 6. August	am 20. Sept.
Ohne Zusatz	40	37	33	26	30	29	28	27
	60	35	29	24	25	27	23	24
	90	30	24	21	21	24	20	22
Zusatz von 3 % Gips	40	36	34	27	30	29	28	24
	60	33	32	26	26	26	25	22
	90	29	27	24	23	22	22	20
Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % P_2O_5	40	35	29	26	29	29	27	23
	60	31	27	26	24	27	25	21
	90	26	24	23	21	24	21	19
Zusatz von 2 % Kainit	40	37	32	26	32	31	29	27
	60	35	30	24	28	27	26	24
	90	29	25	21	24	24	23	21

(Tabelle 3 siehe Seite 131.)

Gesamtergebnisse der Versuchsreihe II.

Tabelle 4.

Am 24.—27. Mai wurden in jede Grube 14 Portionen à 50 kg = 700 kg frischen Pferdemistes gefüllt, welche enthielten:

231.9 kg (entspr. 33.13 %) Trockensubstanz,
= 2.476 kg (entspr. 0.354 %) Gesamt-Stickstoff,
= 0.149 kg (entspr. 0.021 %) Ammoniak-Stickstoff.

Am 20.—22. September 1893 wurden die Gruben entleert und die nachstehenden Resultate erhalten:

Konservierungsmittel.	No.	Trockensubstanz kg	Trockensubstanz abzügl. Konservierungsmittel kg	Gesamt-Stickstoff kg	Ammoniak-Stickstoff kg	Von je 100 kg eingefüllter Trockensubst. waren nach 4 Monaten noch vorhanden kg	Von je 100 kg eingefülltem Gesamt-Stickst. waren nach 4 Monaten noch vorhanden kg	Von je 100 kg eingefülltem Ammoniak-Stickstoff waren nach 4 Monaten noch vorhanden kg
Ohne Zusatz	1.	191.87	191.87	2.3134	0.1181	83	93	79
Zusatz von 3 % Gips	2.	213.81	192.81	2.3651	0.0612	83	96	41
Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % Phosphors.	3.	221.30	195.05	2.2577	0.1078	84	91	72
Zusatz von 2 % Kainit	4.	204.31	190.31	2.3481	0.1352	82	95	91

Versuchsreihe II.

Tabelle 3.

Analytische Angaben über den Gehalt des gelagerten Pferdemistes.

Dauer der Lagerung: ca. 4 Monate. (Vom 24./27. Mai bis 20./22. September 1893.)

Angewandtes Konservierungsmittel.	No. des Versuchs	Der in einem Kasten enthaltene feuchte Pferdemist wog beim Entleeren der Kästen	Je 5 kg gelagerten Pferdemistes ergaben lufttrockene Substanz	Die lufttrockne Substanz enthielt			Je 5 kg gelagerten Pferdemistes enthielten		
				Trockensubstanz	Gesamt-Stickstoff	Ammoniak-Stickstoff	Trockensubstanz	Gesamt-Stickstoff	Ammoniak-Stickstoff
		kg	kg	%	%	%	kg	g	g
Ohne Zusatz	a	640.5	1.6938	88.04	1.06	0.049	1.4912	17.954	0.830
	b	641.7	1.6876	88.26	1.00	0.056	1.4895	16.876	0.945
	c	640.8	1.7114	88.59	1.06	0.060	1.5161	18.141	1.027
	1. 1. Mittelprobe aus a, b u. c	—	1.6699	88.39	1.11	0.054	1.4760	18.536	0.902
	1. 2. Mittelprobe aus a, b u. c	—	1.7017	88.77	1.10	0.053	1.5106	18.719	0.902
	Gesamt-Mittel	**641.0**	—	—	—	—	**1.4967**	**18.045**	**0.921**
Zusatz von 3 % Gips	a	676.1	1.7903	88.23	0.99	0.025	1.5756	17.724	0.448
	b	673.0	1.7994	88 40	0.97	0.026	1.5907	17.454	0.468
	c	664.6	1.8379	87.41	0.97	0.024	1.6065	17.828	0.441
	2. 1. Mittelprobe aus a, b u. c	—	1.8222	87.51	0.97	0.023	1.5946	17.675	0.419
	2. 2. Mittelprobe aus a, b u. c	—	1.7951	88.70	0.97	0.028	1.5923	17.412	0.503
	Gesamt-Mittel	**671.2**	—	—	—	—	**1.5919**	**17.619**	**0.456**
Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % Phosphorsäure	a	677.8	1.8335	88.87	0.89	0.048	1.6294	16.318	0.880
	b	678.3	1.8603	87.54	0.89	0.036	1.6285	16.557	0 670
	c	675.1	1.8653	88.53	0.91	0.040	1.6514	16.974	0.746
	3. 1. Mittelprobe aus a, b u. c	—	1.8355	88.64	0.90	0.036	1.6270	16.520	0.661
	3. 2. Mittelprobe aus a, b u. c	—	1.8268	89.48	0.93	0.056	1.6346	16.989	1.023
	Gesamt-Mittel	**677.1**	—	—	—	—	**1.6342**	**16.672**	**0.796**
Zusatz von 2 % Kainit	a	658.0	1.8229	84.06	0.98	0.053	1.5323	17.864	0.966
	b	673.2	1.8301	84.33	0.96	0.056	1.5433	17.569	1.025
	c	655.6	1.8221	84.31	0.98	0.049	1.5362	17.857	0.893
	4. 1. Mittelprobe aus a, b u. c	—	1.8127	86.70	0.98	0.060	1.5716	17.764	1.088
	4. 2. Mittelprobe aus a, b u. c	—	1.7941	86.66	0.98	0.063	1.5288	17.582	1.130
	Gesamt-Mittel	**662.3**	—	—	—	—	**1.5424**	**17.727**	**1.020**

Aus den vorstehenden Tabellen ergiebt sich das folgende Endresultat der Versuche:

1. Während einer 4monatigen Lagerung des Mistes sind von je 100 Teilen Trockensubstanz verloren gegangen:

ohne Zusatz	von	Konservierungsmitteln . . .	17	Teile	Trockensubstanz,
bei „	„	Gips	17	„	„
„ „	„	„ + Superphosphat . . .	16	„	„
„ „	„	Kainit	18	„	„
		Mittel	17	Teile	Trockensubstanz

und von je 100 Teilen Gesamt-Stickstoff sind verloren gegangen:

ohne Zusatz	von	Konservierungsmitteln . . .	7	Teile	Stickstoff,
bei „	„	Gips	4	„	„
„ „	„	„ + Superphosphat . . .	9	„	„
„ „	„	Kainit	4	„	„
		Mittel	6	Teile	Stickstoff.

In Übereinstimmung mit den Resultaten der Versuchsreihe I sind auch hier die Konservierungsmittel ohne jeden Einfluss auf die Zersetzungsvorgänge gewesen. Der mittlere Verlust an Stickstoff, der bei der Versuchsreihe I während 8monatigem Lagern nur 4 % betragen hatte, stellt sich hier, obgleich die Lagerungsdauer nur 4 Monate betragen hatte, auf 6 %, also etwas höher. Der Grund hierfür kann in einer etwas anderen Beschaffenheit des verwendeten Mistes liegen, vielleicht auch in den etwas veränderten Versuchsverhältnissen, keinenfalls aber ist man berechtigt einer so geringfügigen Differenz irgend welchen Wert beizulegen. Man muss bedenken, dass, wenn es sich um Quantitäten von nicht weniger als 14 Ctr. Mist bei jedem der Versuche handelt, die Versuchsfehler nicht gering sind, und dass es nur durch die peinlichste Sorgfalt, die bei allen Arbeiten angewendet wurde, überhaupt möglich gewesen ist, eine so genaue Übereinstimmung unter den Versuchsergebnissen zu erzielen.

Aber wenn nun auch die in Cementgruben ausgeführten Versuche die Ergebnisse bestätigt haben, welche bei den im kleineren Massstabe und in Zinkgefässen ausgeführten Versuchen erhalten wurden, so genügt dies doch noch nicht. Ich mache auf den folgenden Umstand aufmerksam.

Ein Blick auf die Tabelle 2, welche die Ergebnisse der Temperaturmessungen enthält, zeigt uns, dass die Erwärmung des Mistes keine bedeutende gewesen ist. Das ist auch erklärlich. Die Luftcirkulation ist eine geringe gewesen. Schaufelt man den Mist um, so tritt sofort starke Erhitzung ein. Selbst

an dem 4 Monate gelagerten Mist konnte man dies noch zeigen. Der Inhalt der Gruben, nachdem die Wägungen und die Probenahme aus denselben stattgefunden hatten, wurde auf Haufen gesetzt und drei Tage darauf die Temperatur gemessen.

Wir konstatierten dabei in einer Tiefe der Haufen von 30 cm die folgenden Wärmegrade:

Mist ohne Zusatz . . . . . 51° C.,
„ mit Gips versetzt . . . . . 52° C.,
„ „ „ und Superphosphat versetzt . . 57° C.,
„ „ Kainit versetzt . . . . . 60° C.

Also der Mist, der beim Ausleeren der Gruben eine Temperatur von nur 25° C. aufgewiesen hatte, erwärmte sich beim Umschaufeln sehr bald auf eine doppelt so hohe Temperatur.

In der landw. Praxis wird nun aber vielfach eine stärkere Durchlüftung des lagernden Mistes statthaben, als sie bei unseren Versuchen möglich war. Wir hatten den Mist in festgetretener Form gelagert. Das geschieht aber nicht, wenigstens nicht immer in der Praxis. Dazu kommt, dass man in der Praxis die durch den Mist sickernde Jauche wieder zurück auf den Mist zu pumpen pflegt, was zur Folge hat, dass ein dem Jauchequantum entsprechendes Volum atmosphärischer Luft durch den Mist gesogen wird und die Luft sich ebenso oft im Mist erneuert, als man die Jauche (was in manchen Wirtschaften alle paar Tage geschieht) zurückpumpt.

Der Praktiker weiss, dass durch das Überpumpen der Jauche der Mist — jedenfalls durch die erwähnte sekundäre Wirkung dieses Verfahrens — „reif“ wird. Er erwärmt sich besser und erhält eine dunklere Farbe.

Es schien mir notwendig zu sein, unsere Versuchsreihen I und II durch eine dritte zu vervollständigen, bei welcher zugleich die Frage zur Prüfung gelangte:

Wie verläuft die Zersetzung des Mistes (hier speciell des möglichst jauchefreien Pferdemistes) wenn derselbe öfter mit Luft in Berührung und damit zu einer stärkeren Erwärmung gebracht wird? Sind auch dann die verwendeten Konservierungsmittel unwirksam und erstreckt sich auch dann der Verlust wesentlich auf Trockensubstanz und nur ganz unwesentlich auf den Stickstoff des Mistes?

Um über diese Frage Aufschluss zu erhalten, wurden die Versuche der vorstehend beschriebenen Reihe II mit der folgenden Abänderung wiederholt.

Reihe III.

Versuch

1. Pferdemist ohne Zusatz von Konservierungsmittel,
2. „ mit „ „ 3 % Gips,
3. „ „ „ „ 3 „ „ und 0.3 % lösl. Phosphorsäure,
4. „ „ „ „ 2 „ Kainit.

Bei Reihe a dieser Versuche wurde der Mist (wie früher) festgetreten, ohne Umschaufeln gelagert und feucht gehalten.

Bei Reihe b dieser Versuche wurde der Mist lose eingefüllt, öfters umgeschaufelt, d. h. von der einen Grube in eine andere gefüllt und feucht gehalten.

Bei Reihe c dieser Versuche wurde der Mist lose eingefüllt (wie bei b) öfters umgeschaufelt (wie bei b) und trocken gehalten.

Zu den Versuchen diente wiederum der Pferdemist aus der Kaserne, und das Füllen der Gruben sowie die Zumischung der Konservierungsmittel, Probenahme etc. geschah genau so wie bei der Reihe II.

Am 30. Mai und 1. April 1894 wurden diese Arbeiten ausgeführt. Die Gruben der Reihe b und c, welche lose mit Mist angefüllt wurden, erhielten 9 Schichten à 50 Kilo Mist, und waren damit gefüllt, während die Gruben der Reihe a (wie früher) 14 eingetretene Schichten à 50 Kilo, im Ganzen also 700 Kilo Mist erhielten. Der Mist von der Reihe a wurde am 22. Mai mit 40 Liter Wasser und derjenige der Reihe b (dem geringeren Quantum entsprechend) mit 26 Liter Wasser begossen.

Am 1., 8., 22. Mai u. s. w., wie die Tabelle 2 es angiebt, wurden Temperaturmessungen in 40, 60 und 80 cm Tiefe ausgeführt und an denselben Tagen wurde auch der Inhalt der zur Reihe b und c gehörenden Gruben umgefüllt.

An den 3 ersten Daten (1., 8. und 22. Mai) wurden in Reihe c keine Temperaturmessungen ausgeführt, weil bis dahin die Behandlung der Reihe c die gleiche war wie bei b, die für b bis dahin ermittelten Temperaturgrade also auch für die Reihe c gelten.

Bei der Reihe a sind, wie die Tabelle ergiebt, die Temperaturmessungen öfters überschlagen worden; die häufige Wiederholung derselben erschien uns unnötig, weil die Schwankungen so gering waren.

Da die weitere Behandlung der Versuche, Entleeren der Gruben, Mischen, Probenahme etc. die gleiche war, wie bei der

Reihe II, so verweise ich auf die dort gegebenen Notizen. Ich habe nur noch zu bemerken, dass die Lagerungsdauer vom 1. Mai bis zum 3./5. September, also circa 4 Monate, währte.

Die jetzt folgenden Tabellen zeigen die Ergebnisse.

Versuchsreihe III.

Tabelle 1.

Analytische Angaben über den Gehalt des Pferdemistes.

(Eingefüllt am 30. April und 1. Mai 1894.)

Datum des Einfüllens und der Probenahme	No. der Proben bezw. der Schicht	Je 5 kg frischen Pferdemistes ergaben lufttrockne Substanz kg	Die lufttrockne Substanz enthielt: Trockensubstanz %	Gesamt-Stickstoff %	Ammoniak-Stickstoff %	Je 5 kg frischen Pferdemistes enthielten: Trockensubstanz kg	Gesamt-Stickstoff g	Ammoniak-Stickstoff g
30. April	1.	2.0031	90.80	0.97	0.049	1.8188	19.430	0.982
	2.	1.9082	90.96	0.98	0.049	1.7357	18.700	0.935
	3.	1.8809	91.10	0.98	0.034	1.7135	18.433	0.640
	4.	1.9124	91.22	0.97	0.035	1.7445	18 550	0.669
	5.	1.9344	92.09	0.98	0.034	1.7814	18.957	0.658
	6.	2.0100	91.85	0.96	0.035	1.8462	19.296	0.704
	7.	1.9837	92.51	0.96	0.037	1.8351	19.044	0.734
	8.	1.9086	92.13	0.96	0.048	1.7584	18.323	0.916
	9.	2.0500	92.45	0.92	0.037	1.8952	18.860	0.759
Summe (entspr. 45 kg frischen Pferdemistes):						**16.1288**	**169.593**	**6.997**
30. April	10—12	1.8829	91.60	0.96	0.035	1.7247	18.076	0.659
1. Mai.	13.	1.9888	91.60	0.98	0.049	1.8217	19.490	0.975
	14.	2.0070	91.20	0.94	0.056	1.8304	18.866	1.124
Summe (entspr. 70 kg frischen Pferdemistes):						**24.9550**	**262.177**	**11.073**

Versuchsreihe III.

Tabelle 2.

Angaben über Temperaturmessungen des Pferdemistes während der Lagerung.

Daten der Temperaturmessungen und des Umfüllens der Reihen b und c	Tiefe	Reihe a. Fest eingefüllt, nicht umgeschaufelt, feucht gehalten:				Reihe b. Lose eingefüllt, öfter umgeschaufelt, feucht gehalten:				Reihe c. Lose eingefüllt, öfter umgeschaufelt, trocken gehalten:			
		ohne Zusatz	Zusatz von 3 % Gips	Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % P_2O_5	Zusatz von 2 % Kainit	ohne Zusatz	Zusatz von 3 % Gips	Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % P_2O_5	Zusatz von 2 % Kainit	ohne Zusatz	Zusatz von 3 % Gips	Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % P_2O_5	Zusatz von 2 % Kainit
	cm	° C.	° C.	° C.	° C.	° C.	° C.	° C.	° C.	° C.	° C.	° C.	° C.
1. Mai . .	40	36	36	35	34	41	37	45	46	—	—	—	—
	60	35	35	34	34	40	33	38	34	—	—	—	—
	80	33	33	32	30	35	30	34	29	—	—	—	—
8. Mai . .	40	30	33	29	33	45	48	46	51	—	—	—	—
	60	25	28	25	30	32	36	38	40	—	—	—	—
	80	21	26	22	27	26	26	27	29	—	—	—	—
22. Mai . .	40	34	36	30	35	47	49	51	46	—	—	—	—
	60	27	31	26	32	40	40	42	39	—	—	—	—
	80	22	27	22	27	33	33	31	30	—	—	—	—
23. Mai . .	40	—	—	—	—	38	40	37	34	44	46	44	41
	60	—	—	—	—	37	35	36	35	40	37	39	39
	80	—	—	—	—	35	34	34	32	38	32	37	37
29. Mai . .	40	34	31	29	31	55	51	52	55	53	54	54	53
	60	27	27	25	29	41	41	42	47	44	42	43	50
	80	23	25	23	26	38	33	31	35	35	32	31	37

7. Juni . .	30	36	38	36	37	57	55	50	50	56	50	52	50
	50	27	33	28	32	49	46	48	49	45	43	50	46
	70	24	29	24	29	38	37	37	40	37	35	42	42
14. Juni . .	30	—	—	—	—	53	54	51	47	54	53	45	50
	50	—	—	—	—	49	50	49	50	51	53	44	50
	70	—	—	—	—	40	41	42	43	42	46	42	45
22. Juni . .	30	—	—	—	—	56	54	54	54	59	53	52	57
	50	—	—	—	—	47	51	50	55	50	50	49	55
	70	—	—	—	—	36	41	40	48	41	44	40	48
28. Juni . .	30	—	—	—	—	55	54	53	54	55	54	54	54
	50	—	—	—	—	49	50	51	52	50	52	53	50
	70	—	—	—	—	40	37	40	40	41	41	40	43
10. Juli . .	30	35	40	35	35	50	51	45	49	49	49	45	46
	50	30	35	33	33	48	50	47	47	52	51	49	45
	70	27	31	30	32	41	43	48	42	48	48	48	43
28. Juli . .	30	—	—	—	—	46	45	43	40	43	35	41	43
	50	—	—	—	—	47	47	45	40	44	39	43	44
	70	—	—	—	—	—	37	43	37	—	35	41	42
3. August	30	34	34	35	35	44	45	44	36	50	38	36	36
	50	29	32	34	30	52	46	46	40	52	39	40	40
	70	24	28	29	29	—	39	42	37	—	35	38	38
13. August	30	—	—	—	—	37	41	37	30	38	31	34	39
	50	—	—	—	—	41	45	40	30	40	35	39	31
	70	—	—	—	—	—	41	38	29	—	32	37	30
22. August	20	—	—	—	—	26	27	26	24	22	23	25	22
	40	—	—	—	—	28	30	29	26	25	27	28	26
	60	—	—	—	—	—	30	31	25	—	26	29	27
3. Sept.. .	20	—	—	—	—	21	24	24	22	22	22	23	21
	40	31	31	33	32	23	28	28	26	23	25	28	25
	60	28	29	30	29	—	29	29	23	—	23	28	27
	80	24	23	28	27	—	—	—	—	—	—	—	—

Versuchsreihe III.

Tabelle 3.

Analytische Angaben über den Gehalt des gelagerten Pferdemistes.

Dauer der Lagerung: ca. 4 Monate (vom 30. April bis 3. resp. 5. September 1894).

Behandlung des Pferdemistes.	No. des Versuchs	Der in einem Kasten enthaltene feuchte Pferdemist wog beim Entleeren der Kästen kg	In je 5 kg gelagerten Pferdemistes ergaben lufttrockene Substanz kg	Die lufttrockene Substanz enthielt: Trockensubstanz %	Gesamt-Stickstoff %	Ammoniak-Stickstoff %	Je 5 kg gelagerten Pferdemistes ergaben: Trockensubstanz kg	Gesamt-Stickstoff g	Ammoniak-Stickstoff g
Reihe a. 700 kg Pferdemist pro Kasten festgetreten, nicht umgeschaufelt und feucht gehalten.									
Ohne Zusatz	1a	584.9	1.9922	92.57	1.08	0.107	1.8442	21.516	2.132
			1.9583	92.51	1.09	0.099	1.8116	21.345	1.939
Zusatz von 3% Gips	2a	592.9	1.9773	93.12	1.12	0.031	1.8413	22.146	0.613
			1.9803	92.75	1.10	0.029	1.8367	21.783	0.574
Zusatz von 3% Gips + 0.3% Phosphors.	3a	627.2	2.0755	92.16	0.98	0.061	1.9128	20.340	1.266
			2.0331	93.53	1.03	0.056	1.9016	20.941	1.139
Zusatz von 2% Kainit	4a	617.0	2.1599	85.60	0.99	0.069	1.8489	21.383	1.490
			2.1812	84.54	1.03	0.071	1.8440	22.466	1.549
Reihe b. 450 kg Pferdemist pro Kasten lose eingefüllt, öfter umgeschaufelt und feucht gehalten.									
Ohne Zusatz	1b	240.0	1.9753	93.40	1.69	0.024	1.8449	33.383	0.474
			1.9478	93.31	1.81	0.019	1.8175	35.255	0.370
Zusatz von 3% Gips	2b	294.4	2.0572	92.70	1.36	0.016	1.9070	27.978	0.329
			2.0611	91.71	1.30	0.014	1.8902	26.794	0.289
Zusatz von 3% Gips + 0.3% Phosphors.	3b	309.3	2.1004	92.58	1.34	0.019	1.9446	28.145	0.399
			2.0922	93.54	1.28	0.022	1.9570	26.780	0.460
Zusatz von 2% Kainit	4b	318.3	1.9205	92.87	1.36	0.022	1.7836	26.119	0.423
			2.0502	88.07	1.34	0.017	1.8056	27.473	0.349
Reihe c. 450 kg Pferdemist pro Kasten lose eingefüllt, öfter umgeschaufelt und trocken gehalten.									
Ohne Zusatz	1c	207.6	2.3167	93.57	1.62	0.025	2.1677	37.531	0.579
			2.3710	93.87	1.48	0.021	2.2257	35.091	0.498
Zusatz von 3% Gips	2c	246.0	2.5119	93.77	1.32	0.028	2.3554	33.157	0.703
			2.4821	93.76	1.32	0.025	2.3272	32.764	0.621
Zusatz von 3% Gips + 0.3% Phosphors.	3c	269.4	2.2900	94.84	1.27	0.021	2.1718	29.083	0.481
			2.3153	93.71	1.17	0.025	2.1697	27.089	0.579
Zusatz von 2% Kainit	4c	288.6	2.2428	90.98	1.32	0.024	2.0405	29.605	0.538
			2.2790	89.02	1.32	0.020	2.0288	30.083	0.456

Gesamtergebnisse der Versuchsreihe III.

Tabelle 4.

Am 30. April und 1. Mai 1894 wurden pro Kasten eingefüllt:	Behandlung des Pferdemistes.	Vom 3. bis 5. September 1894 wurden die Kästen wieder entleert und die nachstehenden Resultate erhalten:					
		Trockensubstanz kg	Trockensubstanz abzügl. Konservierungsmittel kg	Gesamt-Stickstoff kg	Ammoniak-Stickstoff kg	Von je 100 kg eingefüllt. Trockensubst. waren nach 4 Mon. noch vorhanden kg	Von je 100 kg eingef. Gesamt-Stickstoff waren nach 4 Mon. noch vorhanden. kg
14 Portionen à 50 kg = 700 kg frischer Pferdemist mit 249.6 kg (entspr. 35.65 %) Trockensubst., 2.622 kg (entspr. 0.375 „) Gesamt-Stickst., 0.111 kg (entspr. 0.016 „) Ammoniak-Stickstoff.	Reihe a festgetreten, nicht umgeschaufelt und feucht gehalten.	Ohne Zusatz	213.83	213.83	2.5069	0.2381	86	96
		Zusatz von 3 % Gips	218.07	197.07	2.6046	0.0704	79	99
		Zusatz „ 3 „ „ + 0.3 % Phosphorsäure	239.24	212.99	2.5891	0.1508	85	99
		Zusatz von 2 % Kainit	227.85	213.85	2.7055	0.1875	86	103
9 Portionen à 50 kg = 450 kg frischer Pferdemist mit 161.3 kg (entspr. 35.84 %) Trockensubst., 1.696 kg (entspr. 0.377 „) Gesamt-Stickst., 0.070 kg (entspr. 0.016 „) Ammoniak-Stickstoff.	Reihe b lose eingefüllt, umgeschaufelt und feucht gehalten.	Ohne Zusatz	87.90	87.90	1.6473	0.0203	54	97
		Zusatz von 3 % Gips	111.79	98.29	1.6125	0.0182	61	95
		Zusatz „ 3 „ „ + 0.3 % Phosphorsäure	120.68	103.80	1.6988	0.0266	64	100
		Zusatz von 2 % Kainit	114.24	105.24	1.7058	0.0246	65	101
9 Portionen à 50 kg = 450 kg frischer Pferdemist mit 161.3 kg (entspr. 35.84 %) Trockensubst., 1.696 kg (entspr. 0.377 „) Gesamt-Stickst., 0.070 kg (entspr. 0.016 „) Ammoniak-Stickstoff.	Reihe c lose eingefüllt, umgeschaufelt und trocken gehalten.	Ohne Zusatz	91.21	91.21	1.5076	0.0224	57	89
		Zusatz von 3 % Gips	115.19	101.69	1.6217	0.0326	63	96
		Zusatz „ 3 „ „ + 0.3 % Phosphorsäure	116.96	100.08	1.5133	0.0286	62	89
		Zusatz von 2 % Kainit	117.44	108.44	1.7226	0.0287	67	102

Die Resultate der Versuchsreihe III lassen sich in die folgenden Sätze zusammenfassen.

1. Der öfter umgefüllte Mist (Reihe b und c) hat bedeutende Temperaturerhöhungen aufgewiesen, während der festgetretene und nicht umgefüllte (Reihe a) eine ziemlich konstante Temperatur behalten hat. Die Konservierungsmittel haben keinen merklichen Einfluss auf die Wärmeentwicklung und die Temperaturschwankungen des Mistes geübt.

2. Der Verlust an Trockensubstanz ist in dem öfter umgefüllten Mist erheblich grösser gewesen als in dem festgetretenen. Er beträgt bei dem nicht mit Konservierungsmitteln versetzten:

bei Reihe a (festgetreten) nur 14 %
„ „ b (umgefüllt) dagegen 46 „
„ „ c („) ebenfalls 43 „.

Während die Konservierungsmittel bei der Reihe a (festgetreten gelagert) ohne Einfluss auf die Zersetzung des Mistes gewesen sind, haben sie bei den Reihen b und c konservierend gewirkt. Der Verlust an Trockensubstanz, der ohne Konservierungsmittel im Mittel von b und c **44** % betrug, ist

durch Zusatz von Gips im Mittel von b und c . . . . . auf 38 %
„ „ „ „ und Superphosphat im Mittel von b und c „ 37 „
„ „ „ Kainit im Mittel von b und c . . . . . „ 34 „

vermindert worden.

Ist diese Verminderung auch durchaus keine erhebliche, so ist sie doch deutlich bemerkbar.

3. Ein Verlust an Stickstoff hat bei keinem der Versuche in irgend bemerkenswerter Menge stattgefunden, und jedenfalls ist es von keinem bestimmt nachgewiesenen Einfluss gewesen, ob der Mist festgetreten gelagert oder ob er lose in die Gruben gebracht und öfter umgefüllt wurde.

Von je 100 Teilen ursprünglich vorhandenen Gesamt-Stickstoffs sind nach 4monatiger Lagerung im Mittel zurückerhalten worden:

bei Versuchsreihe a (festgetreten gelagert) 99 Teile Stickstoff
„ „ b (lose, öfter umgefüllt) 98 „ „
„ „ c („ „ „) 94 „ „.

Die Differenzen unter den Versuchen sind zu gering, als dass man es wagen dürfte, irgend einen Schluss aus denselben zu ziehen.

Durch die Versuchsreihen I, II und III sind wir nun zu einem bestimmten und wohl genügend sichergestellten Resultat gelangt, welches uns zur Grundlage weiterer Forschung dienen kann. Das Resultat ist das folgende.

Der aus Pferdekot und Stroh mit nur sehr geringer Beimengung von Harn bestehende Mist verändert sich in festgetretenem Zustande gelagert nur sehr langsam. Wird er unter Verhältnissen gelagert, unter welchen der Luftzutritt weniger gehindert ist, so tritt im Verhältnis zur Lebhaftigkeit des Luftwechsels eine Wärmeentwickelung im Mist ein, die sich auf 60, selbst 70° C steigern kann und unter welcher eine fortschreitende Humifizierung der Mistsubstanz erfolgt.

Bei diesem Humifizierungsprozess findet ein Verlust an Trockensubstanz statt, während der Verlust an Stickstoff dabei ein so geringer ist, dass er für die praktische Frage der Mistkonservierung als bedeutungslos angesehen werden kann.

Die üblichen Konservierungsmittel Gips, Superphosphatgips und Kainit üben auf genannten Zersetzungsvorgang einen hindernden Einfluss aus, dieser Einfluss aber ist ein so geringer, dass eine praktische Bedeutung ihm nicht zugesprochen werden kann.

Wir haben unsere Versuche zunächst mit Pferdemist ausgeführt und auf diesen beschränkt, weil die Beschaffung von frischem Rinderkot und Stroh mit möglichst wenig Beimengung von Harn erheblich grössere Schwierigkeit uns bot.

Zudem ist es viel schwieriger, aus Rindermist ein gleichmässiges Versuchsmaterial zu gewinnen, als aus Pferdemist, und endlich war auch der Umstand mitbestimmend gewesen, dass die Zersetzungsvorgänge im Pferdemist weit schneller und energischer verlaufen als im Rindermist.

Mag es nun auch als nicht ganz gerechtfertigt erscheinen, die mit Pferdekot erhaltenen Resultate ohne weiteres auch für den Rinderkot gelten zu lassen, so sei es mir doch erlaubt — wenn zunächst auch nur, um eine Grundlage für den weiteren Aufbau einer planmässigen Forschung zu gewinnen — den allgemeinen Schluss aus unseren Versuchen zu ziehen, dass die Aufgabe der Stallmistkonservierung lediglich auf eine Konservierung des im **Harn** enthaltenen Stickstoffs, nicht aber auf eine Konservierung des im Kot und in der Streu enthaltenen sich erstreckt. Den experimentellen Nachweis, dass auch der Rinderkot nur ganz unwesentliche Stickstoffverluste

bei der üblichen Mistlagerung erleidet und sich in dieser Beziehung nicht anders verhält als der Pferdekot, werden weiter unten folgende Versuchsreihen erbringen, welche, da sie zugleich andere Fragen berühren, im Interesse einer logisch geordneten Darlegung unserer Forschungen zurückgestellt werden mussten.

Also wir stehen vor dem folgenden Resultat:

Kot und Streu verlieren ihren Stickstoff so langsam, dass kein Mittel angewendet zu werden braucht, denselben zu konservieren. Nur der Stickstoff des Harns ist zu konservieren. Wir haben unsere ganze Aufmerksamkeit auf die Umsetzungs- und Zersetzungsvorgänge des Harn-Stickstoffs zu lenken. Würde es in der Praxis durchführbar sein, den Harn vollständig vom Kot zu trennen, ihn gesondert aufzufangen und gesondert zu verwenden, so würden wir Kot und Streu bei unseren Arbeiten unberücksichtigt lassen können und die Frage der Stickstoffkonservierung würde sich wesentlich vereinfachen, auch — wie wir später sehen werden — viel leichter sich lösen lassen.

Die Forderung der Praxis aber geht im allgemeinen dahin, dass die Jauche mit dem Kot und der Streu möglichst vereinigt werde. Wir haben daher Kot und Streu bei unseren Arbeiten zu berücksichtigen. Haben wir auch nicht für eine Konservierung des Stickstoffs derselben zu sorgen, so haben wir doch zu prüfen, von welchem Einfluss Kot und Streu auf die Umsetzungs- und Zersetzungsvorgänge des Harn-Stickstoffs sind, und haben mit diesem Einfluss zu rechnen.

Da wir nun unsere Arbeiten mit den Zersetzungsvorgängen des Kots (+ Strohstreu) begonnen haben, so wollen wir, um Schritt vor Schritt ein weiteres, sicheres Terrain zu gewinnen, unsere Forschungen über die Kotfragen zunächst fortsetzen, um erst nach einem gewissen Abschluss derselben zum Harn überzugehen.

Wir haben gesehen, dass die Bakterien des Kots eine wesentliche Rolle bei den Zersetzungsvorgängen des Harn-Stickstoffs spielen. Es kommen diejenigen Bakterien in Betracht, welche den Harn-Stickstoff in Ammoniak-Stickstoff umwandeln, sodann diejenigen, welche das Ammoniak zu Salpetersäure oxydieren helfen, und endlich die Bakterien, welche den Salpeter-Stickstoff zu freiem, luftförmigem Stickstoff zersetzen. Die letzteren sind hier die zunächst zu berücksichtigenden, denn wenn wir auch (S. 92) gezeigt haben, dass der Harn-Stickstoff erheblich schneller in Ammoniak-

Stickstoff sich umwandelt, wenn er mit Kot in Berührung kommt, so geht doch auch ohne Kotbeimischung die „Ammoniakgärung" in dem direkt von der Kuh aufgefangenen, vollkommen klaren und reinen Harn schon so schnell vor sich, dass wir — zunächst wenigstens — die ammoniakerzeugenden Bakterien des Kots unberücksichtigt lassen können.

Die salpeterzersetzenden Bakterien des Kots sind vorerst von grösserer Bedeutung, und wir wollen diesen zunächst unser Augenmerk zuwenden.

Ehe wir nach tötenden Mitteln suchen, die in den Mist gebracht werden könnten, wollen wir uns die Frage stellen:

Enthält nur der frische Tierkot die salpeterzersetzenden Bakterien in grosser Menge und von energischer Wirkung, oder ist auch dem gelagerten und zum Teil humifizierten Mist die gleiche Wirkung und die gleiche Wirkungsenergie eigen?

Um diese Frage zu prüfen, führten wir in der auf S. 116 beschriebenen Weise Versuche mit einigen Proben älteren, aus verschiedenen Wirtschaften genommenen Stallmistes aus.

Je 500 g Stallmist wurden in eine Fünfliterflasche gebracht, mit 4 Liter Wasser übergossen und mit 100 ccm Salpeterlösung versetzt, in welcher 2 g Stickstoff enthalten waren.

Die Ergebnisse waren die folgenden:

Versuch mit Mistprobe 1: nach 8 Tagen sämtl. Salpeter-Stickstoff verschwunden.
„ „ „ 2: „ 11 „ „ „ „
„ „ „ 3: „ 18 „ „ „ „
„ „ „ 4: „ 21 „ „ „ „

Diese Ergebnisse zeigen, dass auch der ältere Stallmist, wie er in der Praxis zur Verwendung gelangt, eine salpeterzersetzende Fähigkeit besitzt, aber sie zeigen zugleich, dass diese Fähigkeit durchschnittlich eine geringere ist, als wir sie bei frischem Kot beobachtet haben. Bei Versuchen mit frischem Kot waren schon nach Ablauf von ca. 8 Tagen die 2 g Salpeter-Stickstoff so vollständig verschwunden, dass mit Diphenylamin keine Salpeterreaktion mehr erhalten werden konnte.

Dies führt uns zu der folgenden Überlegung.

Wenn der Kot (und Streu) unter Luftzutritt lagert, bezw. öfter umgeschaufelt und dadurch mit neuer Luft in Berührung gebracht wird, so gehen, wie wir es oben verfolgt haben, tiefgehende Veränderungen in ihm vor. Es tritt eine starke Wärmeentwicklung auf, ein erheblicher Teil seiner organischen Substanz wird zersetzt, und er verwandelt sich in eine dunkel gefärbte, mehr oder weniger humifizierte Masse.

Nun ist wohl die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass diese Zersetzungsvorgänge — sei es die hohe Temperatur, sei es der Einfluss der atmosphärischen Luft, oder sei es die veränderte Zusammensetzung der Masse — ungünstig einwirken auf das Leben und die Entwickelung der salpeterzersetzenden Bakterien. Es darf sich lohnen, die Frage zu prüfen, ob es durch eine Forcierung der gedachten Zersetzungsvorgänge gelingen mag, die salpeterzersetzenden Bakterien zu töten oder doch ihre Wirksamkeit soweit zu verringern, dass sie als unschädlich angesehen werden könnte.

Diese Überlegung führte uns zur Anstellung der folgenden Versuche.

Versuchsreihe IV.

Acht mit Cement ausgemauerte Gruben, wie sie zu den Reihen II und III gedient hatten, wurden wiederum mit Pferdemist beschickt.

Es sollte geprüft werden, ob und in welchem Masse in dem an jedem 5., oder 10., oder 15., oder 20. Tage umgeschaufelten Mist von Periode zu Periode die Denitrifikationskraft sich vermindern werde im Vergleich zu nicht umgeschaufeltem Mist und im Vergleich zu nicht umgeschaufeltem und mit Konservierungsmitteln versetztem.

Die Anordnung der Versuche war die folgende:

1. Mist ohne Zusatz, jeden 5. Tag umgefüllt,
2. „ „ „ „ 10. „ „
3. „ „ „ „ 15. „ „
4. „ „ „ „ 20. „ „

} an jedem Tag, an welchem umgefüllt wurde, eine Probe zu nehmen und die Denitrifikationskraft derselben zu prüfen.

5. Mist ohne Zusatz und nicht umgefüllt,
6. Mist mit Zusatz von 3 % Gips und nicht umgefüllt,
7. Mist mit Zusatz von 3 % Gips und 0.3 % Phosphorsäure und nicht umgefüllt,
8. Mist mit Zusatz von 2 % Kainit und nicht umgefüllt,

} erst am Ende des Versuchs eine Probe zu nehmen und die Denitrifikationskraft derselben zu prüfen.

Ausser der Feststellung der Denitrifikationskraft wurden auch nach Beendigung der Versuche Stickstoff- und Trockensubstanzbestimmungen ausgeführt, um Gelegenheit zu nehmen, die Resultate der früheren Reihen nochmals zu kontrolieren.

Das Einfüllen des Mistes geschah am 19. Dezember 1894. In jede Grube wurden 10 Schichten à 50 kg, im ganzen also 500 kg Pferdemist gebracht. Die Arbeiten des Mischens, der Probenahme etc. wurden, wie bei der früheren Versuchsreihe beschrieben, ausgeführt.

Der Mist lagerte vom 19. Dezember 1894 bis 13. Mai 1895, also ca. 5 Monate. Während der Lagerung wurden Temperatur-

messungen vorgenommen, die auf der Tabelle 2 sich verzeichnet finden.

Die Prüfung der Denitrifikationskraft wurde wie folgt ausgeführt:

Je 300 g des Mistes wurden in eine Fünfliterflasche gebracht, mit 4 Liter Wasser übergossen und mit 100 ccm einer Lösung von salpetersaurem Natron versetzt, welche genau 2 g Stickstoff enthielt.

Die Flaschen wurden in ein mässig temperiertes (10—14° C. warmes) Zimmer gestellt. Sofort bei Beginn des Denitrifikationsversuchs, also unmittelbar nach Herstellung der Mischung und dann wieder nach 10 Tagen, 20 Tagen, 40 und 80 Tagen wurden je 100 ccm der Mischung abfiltriert und zur Bestimmung des darin enthaltenen Salpeter-Stickstoffs verwendet.

Das bei der ersten Prüfung, also unmittelbar nach Herstellung der Mischung erhaltene Resultat wurde = 100 gesetzt.

Ausserdem wurde von Zeit zu Zeit mit Diphenylamin geprüft, um den Tag festzustellen, an welchem sämtlicher Salpeter-Stickstoff verschwunden war. Erst nachdem dies Endresultat erreicht war, wurde die betreffende Mischung beseitigt.

Die nachfolgenden Tabellen geben die Resultate der Versuche an.

Versuchsreihe IV.

Tabelle 1.

Analytische Angaben über den Gehalt des frischen Pferdemistes.

(Eingefüllt am 19. Dezember 1894.)

No. der Proben bezw. der Schicht	Je 5 kg frischen Pferdemistes ergaben lufttrockene Substanz	Die lufttrockene Substanz enthielt:			Je 5 kg frischen Pferdemistes enthielten:		
		Trockensubstanz	Gesamt-Stickstoff	Ammoniak-Stickstoff	Trockensubstanz	Gesamt-Stickstoff	Ammoniak-Stickstoff
	kg	%	%	%	kg	g	g
1 u. 2.	1.7627	91.70	0.93	0.033	1.6164	16.393	0.582
3 u. 4.	1.7168	91.73	0.92	0.030	1.5748	15.795	0.515
5 u. 6.	1.6615	91.60	0.94	0.028	1.5219	15.618	0.465
7 u. 8.	1.7005	91.37	0.93	0.030	1.5537	15.815	0.510
9 u. 10.	1.6790	91.19	0.91	0.033	1.5311	15.279	0.554
Summe (entspr. 25 kg frischen Pferdemistes):					7.7979	78.900	2.626

Versuchsreihe IV.

Tabelle 2.

Temperaturmessungen des am 19. Dezember 1894 in die Cementkästen eingefüllten Pferdemistes.

Datum des Messens. Temperaturbestimmung	Die Temperatur betrug bei einer Tiefe von 40 cm Grade Celcius:							
	ohne Zusatz, alle 5 Tage umgeschaufelt	ohne Zusatz, alle 10 Tage umgeschaufelt	ohne Zusatz, alle 15 Tage umgeschaufelt	ohne Zusatz, alle 20 Tage umgeschaufelt	ohne Zusatz, nicht umgeschaufelt	Zusatz von 3 % Gips, nicht umgeschaufelt	Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % P_2O_5, nicht umgeschaufelt	Zusatz von 2 % Kainit, nicht umgeschaufelt
3. Jan. 1895	41	—	34	—	—	—	—	—
8. „ „	36	37	43	25	30	29	31	32
13. „ „	36	43	35	41	26	27	24	24
18. „ „	37	47	36	41	26	28	26	25
23. „ „	44	55	49	43	32	31	29	27
28. „ „	41	53	55	35	27	26	23	24
2. Febr. „	34	51	48	54	23	22	21	17
7. „ „	38	39	52	57	21	19	12	14
12. „ „	6	10	36	47	—	—	—	—
17. „ „	0	1	8	8	—	—	—	—

(Tabelle 3 siehe Seite 148 und 149.)

Versuchsreihe IV.

Tabelle 4.

Analytische Angaben über den Gehalt des gelagerten Pferdemistes.

Dauer der Lagerung: ca. 5 Monate (19. Dezember 1894 bis 13. Mai 1895).

Behandlung des Pferdemistes.		Der in einem Kasten enthaltene feuchte Pferdemist wog beim Entleeren der Kästen kg	Je 5 kg gelagerten Pferdemistes ergaben lufttrockene Substanz kg	Die lufttrockene Substanz enthielt: Trockensubstanz %	Gesamt-Stickstoff %	Ammoniak-Stickstoff %	Je 5 kg gelagerten Pferdemistes enthielten: Trockensubstanz kg	Gesamt-Stickstoff g	Ammoniak-Stickstoff g
Ohne Zusatz	alle 5 Tage umgeschaufelt	277.3	1.4405	94.22	1.55	0.018	1.3572	22.328	0.259
	„ 10 „ „	285.3	1.4136	94.00	1.58	0.020	1.3288	22.335	0.283
	„ 15 „ „	286.7	1.4170	94.03	1.60	0.025	1.3324	22.672	0.354
	„ 20 „ „	289.9	1.3815	93.92	1.52	0.018	1.2975	20.999	0.249
Ohne Zusatz	nicht umgeschaufelt	448.0	1.4860	93.34	1.24	0.014	1.3870	18.426	0.208
Zusatz von 3 % Gips	nicht umgeschaufelt	470.0	1.5520	91.96	1.12	0.018	1.4272	17.382	0.279
Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % P_2O_5	nicht umgeschaufelt	468.5	1.6400	94.05	1.09	0.021	1.5424	17.876	0.344
Zusatz von 2 % Kainit	nicht umgeschaufelt	460.0	1.6530	91.80	1.05	0.019	1.5175	17.357	0.314

Versuchsreihe IV.

Tabelle 5.

Am 19. Dezember 1894 kamen in jeden Kasten 10 Portionen à 50 kg = 500 kg frischen Pferdemistes mit

156.0 kg (entspr. 31.20 %) Trockensubstanz,
1.578 kg (entspr. 0.316 %) Gesamt-Stickstoff,
0.052 kg (entspr. 0.010 %) Ammoniak-Stickstoff.

Am 13. Mai 1895 wurden die Kästen wieder entleert und die nachstehenden Resultate erhalten:

	Behandlung des Pferdemistes.	Trockensubstanz kg	Trockensubstanz abzügl. Konservierungsmittel kg	Gesamt-Stickstoff kg	Ammoniak-Stickstoff kg	Von je 100 kg eingefüllter Trockensubstanz waren nach 5 Monaten noch vorhanden kg	Von je 100 kg eingefüllten Gesamt-Stickst. waren nach 5 Monaten noch vorhanden kg
Ohne Zusatz,	alle 5 Tg. umgeschaufelt	75.27	75.27	1.2383	0.1436	48	78
	alle 10 Tg. umgeschaufelt	75.82	75,82	1.2744	0.1615	49	81
	alle 15 Tg. umgeschaufelt	76.40	76.40	1.3000	0.2030	49	82
	alle 20 Tg. umgeschaufelt	75.23	75.23	1.2175	0.1444	48	77
Nicht umgeschaufelt,	ohne Zusatz	124.28	124.28	1.6510	0.1864	80	105
	Zusatz v. 3 % Gips	134.16	119.16	1.6339	0.2623	76	104
	Zusatz v. 3 % Gips + 0,3 % P_2O_5	144.52	125.77	1.6750	0.3223	81	106
	Zusatz v. 2 % Kainit . . .	139.61	129.61	1.5968	0.2889	83	101

Betrachten wir zunächst die Tabelle 5 der vorstehenden Versuchsreihe, so erkennen wir, dass der öfter umgefüllte Mist eine tiefgreifende Zersetzung erlitten hat. Auch die dunkle Färbung, die derselbe angenommen hatte, und das geringe Volumen, zu welchem er zusammengesunken war, liessen schon äusserlich die Veränderung der Mistsubstanz erkennen. Wie die Tabelle zeigt, waren von je 100 Teilen Trockensubstanz während der 5 monatigen Aufbewahrung nicht weniger als **51** Teile verloren gegangen, und es war dabei gleichgiltig gewesen, ob der Mist an jedem 5., oder 10., oder 15., oder 20. Tage umgefüllt war.

Versuchsreihe IV.

Tabelle 3.

Versuche über die denitrificierende Eigenschaft des am 19. Dezember 1894 in die Cementkästen eingefüllten Pferdemistes.

	Datum des Umschaufelns und der Probenahme.	I. Prüfung bei Beginn des Versuchs.			II. Prüfung nach 10 Tagen.			III. Prüfung nach 20 Tagen.			IV. Prüfung nach 40 Tagen.			V. Prüfung nach 80 Tagen.			Der Denitrifikationsprozess	
		Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-N entspricht ccm ¼ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm ¼ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-N entspricht ccm ¼ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm ¼ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-N entspricht ccm ¼ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm ¼ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-N entspricht ccm ¼ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm ¼ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-N entspricht ccm ¼ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm ¼ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile	hatte gewährt bis zum	hatte gewährt Tage
Alle 5 Tage umgeschaufelt.	19. Dezember 1894 .	0.85	13.50	100	0.90	5.00	37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6. Jan.	18
	24. „ „ .	0.85	13.50	100	0.95	5.70	42	1.10	0.45	3	—	—	—	—	—	—	14. „	21
	29. „ „ .	0.80	13.50	100	0.95	6.60	49	1.00	2.20	16	—	—	—	—	—	—	22. „	24
	3. Januar 1895 . .	0.85	13.50	100	1.00	7.60	56	0.90	2.90	21	—	—	—	—	—	—	29. „	26
	8. „ „ . .	0.80	13.50	100	1.10	7.90	59	0.95	3 30	24	—	—	—	—	—	—	3. Febr.	26
	13. „ „ . .	0.80	13.50	100	0 80	8.70	64	1 00	4.90	36	—	—	—	—	—	—	16. „	34
	18. „ „ . .	0.70	13.60	100	0.80	9.80	72	0.70	6.90	51	0.60	0.30	2	—	—	—	1. März	42
	23. „ „ . .	0.50	13.80	100	0.80	10.30	75	0.60	8.80	64	0.50	3.20	23	—	—	—	16. „	52
	28. „ „ . .	0.50	13.70	100	0.80	11.60	85	0.90	9.45	69	0.90	5.20	38	—	—	—	3. April	65
	2. Februar „ . .	0 40	13.60	100	0.50	12.40	91	0.70	10.30	76	0 90	6.70	49	0.90	0.50	4	26. „	83
	7. „ „ . .	0.35	13 90	100	0.50	12.60	91	0.50	10.70	77	0.60	7.30	53	0.50	2.80	20	22. Mai	104
	29. März 1895	0.40	13.60	100	0.60	12.70	93	0.50	10.90	80	0.50	7.30	54	0.50	2.50	18	3. Juli	96
	13. Mai „	0.40	13.60	100	0.40	11.80	87	0.40	10.70	79	0.40	8.80	65	0.50	4.00	29	27. Aug.	106

alle 10 Tage umgeschaufelt	29. Dezember 1894 .	0.85	13.50	100	0.80	6.00	44	1.15	1.50	11	—	—	—	—	—	—	21. Jan.	23
	8. Januar 1895 . .	0.75	13.60	100	1.00	8.30	61	0.80	2.20	16	—	—	—	—	—	—	1. Febr.	24
	18. „ „ . .	0.70	13.70	100	0.65	9.90	72	0.60	6.90	50	0.60	0.15	1	—	—	—	28. „	41
	28. „ „ . .	0.50	13.80	100	0.70	11.60	84	0.70	9.20	67	0.60	4.40	32	—	—	—	29. März	60
	7. Februar „ . .	0.30	13.80	100	0.60	12.40	90	0.60	10.70	78	0.40	7.40	54	0.40	3.20	23	24. Mai	106
	29. März 1895 . . .	0.40	13.60	100	0.50	12.50	92	0.50	10.70	79	0.40	7.60	56	0.40	3.00	22	11. Juli	104
	13. Mai „ . . .	0.50	13.60	100	0.40	11.80	87	0.50	10.75	79	0.60	8.90	65	0.50	3.60	26	22. Aug.	101
alle 15 Tage umgeschaufelt	3. Januar 1895 . .	0.90	13.50	100	0.90	6.40	47	0.80	1.50	11	—	—	—	—	—	—	26. Jan.	23
	18. „ „ . .	0.70	13.70	100	0.80	7.30	53	0.80	3.80	28	—	—	—	—	—	—	18. Febr.	31
	2. Februar „ . .	0.50	13.70	100	0.55	9.80	72	0.60	5.20	38	0.80	2.70	20	—	—	—	4. April	61
	29. März „ . . .	0.35	13.70	100	0.50	12.40	91	0.50	10.40	76	0.40	7.30	53	0.40	2.00	15	1. Juli	94
	13. Mai „ . . .	0.60	13.80	100	0.40	12.00	87	0.50	10.70	78	0.60	8.60	62	0.50	3.90	28	24. Aug.	103
alle 20 Tage umgeschaufelt	8. Januar 1895 . .	1.00	13.50	100	1.20	4.60	34	1.10	0.70	5	—	—	—	—	—	—	29. Jan.	21
	28. „ „ . .	0.80	13.70	100	0.75	10.40	76	0.60	7.80	57	0.60	1.50	11	—	—	—	14. März	45
	29. März „ . .	0.60	13.60	100	0.60	12.00	88	0.50	9.90	73	0.40	6.40	47	—	—	—	17. Juni	80
	13. Mai „ . .	0.40	13.80	100	0.40	11.90	86	0.50	10.55	76	0.60	8.30	60	0.50	3.80	28	24. Aug.	103
13. Mai 1895	Ohne Zusatz	0.60	13.40	100	0.35	9.40	70	0.50	5.60	42	—	—	—	—	—	—	18. Juni	36
	Zusatz von 3% Gips	0.40	13.70	100	0.40	10.20	74	0.40	6.70	49	—	—	—	—	—	—	21. „	39
	Zusatz von 3% Gips + 0.3% Phosphors.	0.55	13.50	100	0.50	10.00	74	0.40	6.75	50	—	—	—	—	—	—	22. „	40
	Zusatz von 2% Kainit	0.40	13.60	100	0.45	10.30	76	0.40	6.80	50	—	—	—	—	—	—	22. „	40

An jedem 5. Tage umgefüllt betrug der Verlust 52 % Trockensubstanz.
„ „ 10. „ „ „ „ „ 51 „ „
„ „ 15. „ „ „ „ „ 51 „ „
„ „ 20. „ „ „ „ „ 52 „ „

Ein an jedem 20. Tage erfolgtes Umschaufeln des Mistes hatte also genügt, um denjenigen Verlust an Trockensubstanz herbeizuführen, der unter den gegebenen Verhältnissen möglich war.

Auch der Stickstoffverlust ist erheblich gewesen. Er hat im Mittel **20** % betragen. Auch hierbei ist es ganz gleichgiltig gewesen, ob der Mist an jedem 5. oder an jedem 20. Tage umgefüllt war.

Erheblich geringer dagegen sind die Trockensubstanzverluste bei dem nicht umgefüllten Mist gewesen. Sie haben im Mittel nur 20 % betragen (gegen 51 beim umgefüllten Mist). Die Konservierungsmittel haben keine Wirkung ausgeübt.

Ein Stickstoffverlust ist im nicht umgefüllten Mist nicht nachweisbar gewesen. Das Mittel der Versuche weist sogar eine Stickstoffzunahme von 4 % auf, ein Umstand, der wohl nur auf Fehlerquellen zurückgeführt werden kann.

Ein besonderes Interesse bietet die Tabelle 3, welche die Ergebnisse der Denitrifikationsversuche enthält.

Haben wir aus der Tabelle 5 gesehen, dass das Umschaufeln des Mistes tiefgreifende Zersetzungen herbeigeführt hat, so zeigt die Tabelle 3, dass entsprechend der Intensität der Zersetzungsvorgänge auch die Denitrifikationskraft der Mistsubstanz sich vermindert hat.

Der frische Pferdemist hatte schon nach 10 Tagen zwei Dritteile des Salpeter-Stickstoffs zersetzt und nach 18 Tagen war der Salpeter-Stickstoff vollständig verschwunden.

In dem Mist, der alle 5 Tage umgeschaufelt wurde, sank dagegen die salpeterzersetzende Kraft dermassen, dass die nach kaum 2 monatigem Lagern (7. Februar) entnommene Probe nicht weniger als 104 Tage bedurfte, um das zu leisten, was der frische Mist schon in 18 Tagen bewirkte.

Wie es bezüglich des Verlustes an Trockensubstanz gleichgiltig gewesen ist, ob der Mist an jedem 5. oder nur an jedem 10., 15. oder 20. Tage umgefüllt wurde, so zeigt sich das gleiche Resultat auch hier.

Ein alle 3 Wochen erfolgtes Umschaufeln ist ausreichend gewesen, um diejenige Verminderung der Denitrifikationskraft

des Mistes zu bewirken, wie sie unter den gegebenen Verhältnissen erzielt werden konnte. Um die 2 g Salpeter-Stickstoff bis zum völligen Verschwinden der Diphenylaminreaktion zu zersetzen, war eine Einwirkungsdauer des zu Ende der Lagerungsdauer entnommenen Mistes erforderlich von:

106 Tagen, wenn der Mist an jedem 5. Tage umgeschaufelt war.
101 „ „ „ „ „ „ 10. „ „ „
103 „ „ „ „ „ „ 15. „ „ „
103 „ „ „ „ „ „ 20. „ „ „

Dagegen bedurfte der **frische** Mist nur **18** Tage, um das Gleiche zu leisten.

Der nicht umgeschaufelte Mist, der während der Lagerungsdauer 20 % seiner Trockensubstanz verloren, während der umgeschaufelte einen Verlust von 51 % aufgewiesen hatte, wies auch bei den Denitrifikationsversuchen eine entsprechend weniger verminderte Wirkungskraft auf.

Um die 2 g Salpeter-Stickstoff zu ersetzen, waren erforderlich:

36 Tage bei dem Mist, der ohne Konservierungsmittel geblieben war,
39 „ „ „ „ der mit 3 % Gips versetzt war,
40 „ „ „ „ der mit 3 % Gips + 0.3 % Phosphorsäure versetzt war,
40 „ „ „ „ der mit 2 % Kainit versetzt war.

Man sieht zugleich, dass die Konservierungsmittel auch auf die Denitrifikationskraft des Mistes keinen Einfluss ausgeübt haben.

Ich glaube, dass die Resultate dieser Versuchsreihe recht bemerkenswert sind, und dass die Frage, die wir durch sie behandelt haben, nicht bedeutungslos für die Praxis ist. Ist es dem Praktiker doch schon bekannt, dass ein „gut verrotteter" Mist besser wirkt als ein frischer, und ich halte es für sehr wahrscheinlich, dass die bessere Wirkung des „verrotteten" Mistes wesentlich darauf zurückzuführen ist, dass seine salpeterzersetzende Kraft, die der frische Mist unter Umständen ja in sehr energischer Weise auf die Nitrate des Bodens auszuüben vermag, sich wesentlich vermindert hat.

Wir haben es daher für empfehlenswert erachtet, eine weitere Versuchsreihe unter ähnlichen Verhältnissen auszuführen, um zunächst die oben besprochenen Ergebnisse der Reihe IV zu ergänzen.

Die wünschenswerte Ergänzung betraf wesentlich die folgenden Punkte.

Die beschriebene Versuchsreihe war während der Wintermonate (19. Dezember bis 13. Mai) ausgeführt. Es war nun von Wert, zu prüfen, wie die Resultate gleicher Versuche ausfallen, wenn der Mist während der Sommermonate lagert und höhere Temperaturgrade auf die Zersetzungsprozesse und die Bakterienentwickelung einwirken.

Sodann schien es uns von Interesse, die etwaige Wirkung des gebrannten Kalkes auf die salpeterzersetzenden Bakterien zu prüfen und sie mit derjenigen der bislang angewendeten „Konservierungsmittel" in Vergleich zu stellen.

Es veranlasste uns dies zur Ausführung der folgenden Reihe.

Versuchsreihe V.

15 mit Cement ausgemauerte Gruben, wie sie bei den übrigen Versuchen zur Verwendung gelangt waren, dienten auch für diese Reihe, und die Anordnung der Versuche war die folgende:

1. Pferdemist ohne Zusatz,
2. „ mit Zusatz von 3 % Gips,
3. „ „ „ „ 3 „ Gips + 0.3 % Phosphorsäure,
4. „ „ „ „ 2 „ Kainit,
5. „ „ „ „ 3 „ Kalk.

Von diesen 5 Versuchen wurden 3 Reihen angesetzt:

bei Reihe a wurde der Mist jeden 7. Tag umgefüllt,
„ „ b „ „ „ „ 14. „ „
„ „ c „ „ „ nicht umgefüllt.

Das Füllen der Gruben und alles weitere geschah wie bei den früheren Reihen. Eine Wiederholung der Angaben ist daher nicht nötig.

Das Einfüllen des Mistes wurde am 24. Mai 1895 vorgenommen. Jede Grube erhielt 12 Schichten à 50 kg, zusammen also 600 kg Mist.

Das Umfüllen des Mistes begann am 31. Mai bei der Reihe a, am 7. Juni bei der Reihe b, und wurde fortgesetzt bis zum 13. September. Alle 14 Tage (am Tage des Umfüllens der Reihe b) wurde von den Versuchen der Reihe a u. b eine Probe genommen und dieselbe zu Denitrifikationsversuchen benutzt.

Die letzteren wurden, wie oben unter Reihe IV angegeben, ausgeführt.

Ich lasse nun die Tabellen folgen:

Versuchsreihe V.

Tabelle 1.

Analytische Angaben über den Gehalt des frischen Pferdemistes.

(Eingefüllt am 24. Mai 1895.)

No. der Proben bezw. der Schicht	Je 5 kg frischen Pferdemistes ergaben lufttrockene Substanz kg	Die lufttrockene Substanz enthielt: Trocken-substanz %	Gesamt-Stickstoff %	Ammoniak-Stickstoff %	Je 5 kg frischen Pferdemistes enthielten: Trocken-substanz kg	Gesamt-Stickstoff g	Ammoniak-Stickstoff g
1 u. 2.	1.7690	91.85	1.17	0.201	1.6248	20.697	3.556
3 u. 4.	1.6250	92.90	1.15	0.185	1.5096	18.688	3.006
5 u. 6.	1.6600	93.00	1.17	0.182	1.5438	19.422	3.021
7 u. 8.	1.6780	93.48	1.15	0.214	1.5686	19.297	3.591
9 u. 10.	1.7100	92.35	1.16	0.177	1.6715	19.836	3.204
11 u. 12.	1.6690	93.73	1.15	0.037	1.4697	19.194	0.580
Summe (entspr. 30 kg frischen Pferdemistes):					9.3880	117.134	16.958

(Tabelle 2 siehe Seite 155.)

Versuchsreihe V.

Tabelle 3.

Datum des Umschaufelns und der Probenahme: 7. Juni 1895.

Bezeichnung.	I. Prüfung bei Beginn des Versuchs. Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wiedergefunden worden Teile	Ende der Denitrifikation. Datum	Anzahl der Tage
Alle 7 Tage umgeschaufelt. Ohne Zusatz . . .	1.10	13 60	100	20. Juni	13
Zusatz von 3 % Gips	1.50	13.50	100	21. „	14
Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % Phosphors.	1.50	13.50	100	21. „	14
Zusatz von 2 % Kainit	1.30	13.60	100	21. „	14
Zusatz von 3 % Kalk	1.00	13.50	100	19. „	12

Noch Tabelle 3.

Bezeichnung.	I. Prüfung bei Beginn des Versuchs.			Ende der Denitrifikation.	
	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wiedergefunden worden Teile	Datum	Anzahl der Tage
Alle 14 Tage umgeschaufelt.					
Ohne Zusatz . . .	1.80	13.50	100	20. Juni	13
Zusatz von 3 % Gips	1.80	13.50	100	21. „	14
Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % Phosphors.	1.80	13.50	100	21. „	14
Zusatz von 2 % Kainit	1.40	13.60	100	19. „	12
Zusatz von 3 % Kalk	1.00	13.60	100	19. „	12

Versuchsreihe V.

Tabelle 4.

Datum des Umschaufelns und der Probenahme: 21. Juni 1895.

Bezeichnung.	I. Prüfung bei Beginn des Versuchs.			II. Prüfung nach 14 Tagen.			Ende der Denitrifikation.	
	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickst. entspr. ccm 1/4 norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickst. entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickst. sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickst. entspr. ccm 1/4 norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickst. entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickst. sind wiedergefunden worden Teile	Datum	Anzahl der Tage
Alle 7 Tage umgeschaufelt.								
Ohne Zusatz	1.00	13.70	100	0.80	3.60	26	11. Juli	20
Zusatz von 3 % Gips	1.50	13.50	100	0.80	2.70	20	9. „	18
Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % Phosphors.	1.50	13.40	100	1.10	2.70	20	9. „	18
Zusatz v. 2 % Kainit	1.20	13.60	100	0.80	2.60	19	9. „	18
Zusatz von 3 % Kalk	0.80	13.40	100	0.40	3.00	22	10. „	19
Alle 14 Tage umgeschaufelt.								
Ohne Zusatz	1.90	13.40	100	1.10	1.80	13	10. Juli	19
Zusatz von 3 % Gips	1.80	13.50	100	1.25	1.40	10	9. „	18
Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % Phosphors.	1.80	13.50	100	1.20	0.60	4	7. „	16
Zusatz v. 2 % Kainit	1.35	13.60	100	1.15	1.80	13	9. „	18
Zusatz von 3 % Kalk	0.95	13.60	100	0.60	3.20	24	11. „	20

Versuchsreihe V.

Tabelle 2.

Temperaturmessungen des am 24. Mai 1895 in die Cementkästen eingefüllten Pferdemistes.

	Behandlung des Pferdemistes.	Die Temperatur betrug in einer Tiefe von 40 cm Grade Celsius:															
		31. Mai	7. Juni	14. Juni	21. Juni	28. Juni	5. Juli	12. Juli	19. Juli	26. Juli	2. August	9. August	16. August	23. August	30. August	6. September	13. September
Alle 7 Tage umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	38	41	46	48	56	57	54	53	52	48	51	45	42	43	41	36
	Zusatz von 3 % Gips	39	43	45	48	51	52	53	48	52	49	52	51	49	47	44	51
	Zusatz v. 3 % Gips + 0.3 % Phosphors.	36	41	44	45	51	50	47	44	49	47	48	49	47	45	52	49
	Zusatz von 2 % Kainit	38	44	45	47	52	52	51	51	52	51	49	50	49	47	49	49
	Zusatz von 3 % Kalk	44	41	49	50	52	56	56	51	50	50	48	49	48	46	47	41
Alle 14 Tage umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	40	39	46	49	54	56	57	50	58	52	56	50	49	50	—	40
	Zusatz von 3 % Gips	36	40	47	47	46	51	46	49	49	48	50	51	50	50	—	51
	Zusatz v. 3 % Gips + 0,3 % Phosphors.	35	38	49	46	43	52	47	48	48	46	46	49	47	46	—	48
	Zusatz von 2 % Kainit	38	35	47	44	50	51	49	46	52	52	54	52	50	50	—	47
	Zusatz von 3 % Kalk	45	41	47	51	53	55	54	57	52	56	50	46	46	47	—	40
Nicht umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	37	35	36	41	40	44	38	37	40	38	35	37	36	37	36	36
	Zusatz von 3 % Gips	37	39	40	41	41	47	42	40	44	43	40	41	40	41	44	40
	Zusatz v. 3 % Gips + 0.3 % Phosphors.	36	38	39	38	41	43	41	41	44	40	42	44	42	42	—	40
	Zusatz von 2 % Kainit	38	37	40	41	41	45	41	43	43	41	36	40	40	41	—	39
	Zusatz von 3 % Kalk	44	39	44	42	42	47	48	46	48	48	41	38	40	42	—	38

Versuchsreihe V.

Tabelle 5.

Datum des Umschaufelns und der Probenahme: 5. Juli 1895.

	Bezeichnung.	I. Prüfung bei Beginn d. Versuchs.			II. Prüfung nach 14 Tagen.			III. Prüfung nach 28 Tagen.			Ende der Denitrifikation.	
		Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wiedergefunden worden Teile	Datum	Anzahl der Tage
Alle 7 Tage umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	0.60	13.60	**100**	0.80	8.50	**63**	0.60	1.70	**13**	6. Aug.	32
	Zusatz von 3% Gips	1.10	13.50	**100**	1.10	7.20	**53**	0.40	1.90	**14**	7. „	33
	Zusatz von 3% Gips + 0.3% Phosphorsäure	1.20	13.60	**100**	1.20	5.70	**42**	0.90	0.50	**4**	3. „	29
	Zusatz von 2% Kainit	0.75	13.60	**100**	1.00	8.30	**61**	0.60	1.20	**9**	5. „	31
	Zusatz von 3% Kalk	0.40	13.70	**100**	0 50	8.20	**60**	0.20	2.30	**17**	12. „	38
Alle 14 Tage umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	0.60	13.80	**100**	1.00	8.50	**62**	0.60	1.05	**8**	5. Aug.	31
	Zusatz von 3% Gips	1.30	13.60	**100**	1.20	5.30	**39**	—	—	—	2. „	28
	Zusatz von 3% Gips + 0.3% Phosphorsäure	1.50	13.60	**100**	1.15	4.50	**33**	—	—	—	1. „	27
	Zusatz von 2% Kainit	0.80	13.60	**100**	1.10	5.40	**40**	—	—	—	2. „	28
	Zusatz von 3% Kalk	0.40	13.60	**100**	0.60	7.00	**51**	0.30	1.40	**10**	7. „	33

Versuchsreihe V.

Tabelle 6.

Datum des Umschaufelns und der Probenahme: 19. Juli 1895.

	Bezeichnung.	I. Prüfung bei Beginn d. Versuchs.			II. Prüfung nach 14 Tagen.			III. Prüfung nach 28 Tagen.			Ende der Denitrifikation.	
		Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wieder-gefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wieder-gefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wieder-gefunden worden Teile	Datum	Anzahl der Tage
Alle 7 Tage umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	0.70	14.30	**100**	0 60	6.40	**45**	0.60	1.60	**11**	21. Aug.	33
	Zusatz von 3 % Gips . .	1.10	14.00	**100**	0.80	4.20	**30**	—	—	—	9. „	21
	Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % Phosphorsäure	0.80	13.40	**100**	0.75	6.10	**46**	0.70	1.70	**13**	24. „	36
	Zusatz von 2 % Kainit . .	0.60	13.50	**100**	0.40	6.15	**46**	—	—	—	12. „	24
	Zusatz von 3 % Kalk . .	0.40	13.40	**100**	0.50	9.00	**67**	0.50	5.40	**40**	13. Sept.	56
Alle 14 Tage umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	0.60	13.80	**100**	0.60	9.40	**68**	0.60	4.80	**35**	29. Aug.	41
	Zusatz von 3 % Gips . .	1.30	13.40	**100**	1.10	4.00	**30**	—	—	—	11. „	23
	Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % Phosphorsäure	1.30	13 50	**100**	1.00	2.60	**19**	—	—	—	7. „	19
	Zusatz von 2 % Kainit . .	0.70	14.40	**100**	1 20	5.10	**35**	—	—	—	16. „	28
	Zusatz von 3 % Kalk . .	0.50	14.00	**100**	0.60	9.35	**67**	0.70	4.60	**33**	29. „	41

Versuchsreihe V.

Tabelle 7.

Datum des Umschaufelns und der Probenahme: 2. August 1895.

	Bezeichnung.	I. Prüfung bei Beginn des Versuchs.			II. Prüfung nach 14 Tagen.			III. Prüfung nach 28 Tagen.			IV. Prüfung nach 56 Tagen.			Ende der Denitrifikation.	
		Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickst. entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickst. entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickst. entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickst. entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wiedergefunden worden Teile	Datum	Anzahl der Tage
Alle 7 Tage umgesch.	Ohne Zusatz	0.75	13.60	**100**	0.90	10.90	**80**	1.00	8.40	**62**	1.00	1.40	**10**	3. Okt.	62
	Zusatz von 3 % Gips .	1.00	13.30	**100**	1.00	8.80	**66**	0.80	2.40	**18**	—	—	—	6. Sept.	35
	Zusatz von 3 „ Gips + 0.3 % Phosphorsäure	0.60	13.30	**100**	0.80	10.30	**77**	0.60	7.00	**53**	—	—	—	19. „	48
	Zusatz von 2 % Kainit	0.40	13.40	**100**	0.60	10.20	**76**	0.60	3.80	**28**	—	—	—	6. „	35
	Zusatz von 3 „ Kalk .	0.50	13.50	**100**	0.40	12.20	**90**	0.50	9.60	**71**	0.40	5.00	**37**	25. Okt.	84
Alle 14 Tage umgesch.	Ohne Zusatz	0.50	13.60	**100**	0.80	11.20	**82**	0.80	8.40	**62**	1.00	1.70	**13**	6. Okt.	65
	Zusatz von 3 % Gips .	1.05	13.50	**100**	1.10	7.60	**56**	1.20	0.20	**1**	—	—	—	6. Sept.	35
	Zusatz von 3 „ Gips + 0.3 % Phosphorsäure	1.10	13.60	**100**	1.00	6.20	**46**	1.00	1.70	**13**	—	—	—	6. „	35
	Zusatz von 2 % Kainit	0.80	13.50	**100**	1.00	7.90	**59**	0.80	4.00	**30**	—	—	—	13. „	42
	Zusatz von 3 „ Kalk .	0.40	13.55	**100**	0.60	11.50	**85**	0.55	9.00	**66**	0.45	3.70	**27**	23. Okt.	82

Versuchsreihe V.

Tabelle 8.

Datum des Umschaufelns und der Probenahme: 16. August 1895.

	Bezeichnung.	I. Prüfung bei Beginn des Versuchs.			II. Prüfung nach 14 Tagen.			III. Prüfung nach 28 Tagen.			IV. Prüfung nach 56 Tagen.		
		Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wieder-gefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wieder-gefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wieder-gefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wieder-gefunden worden Teile
Alle 7 Tage umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	0.20	13.75	**100**	0.40	12.40	**90**	0.50	10.40	**76**	0.90	8.80	**64**
	Zusatz von 3 % Gips . . .	0.55	13.60	**100**	0.60	10.20	**75**	0.60	4.80	**35**	1.00	1.00	**7**
	Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % Phosphorsäure	0.60	13.60	**100**	0.55	11.00	**81**	0.60	6.60	**49**	0.60	3.40	**25**
	Zusatz von 2 % Kainit . .	0.20	13.60	**100**	0.25	11.00	**81**	0.50	3.30	**25**	—	—	—
	Zusatz von 3 % Kalk . . .	0.20	13.60	**100**	0.40	12.40	**91**	0.70	10.80	**79**	0.50	8.60	**63**
Alle 14 Tage umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	0.40	13.70	**100**	0.60	12.00	**88**	0.40	10.00	**73**	0.55	8.20	**60**
	Zusatz von 3 % Gips . . .	0.60	13.60	**100**	0.60	10.00	**74**	0.40	4.40	**32**	0.70	1.20	**9**
	Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % Phosphorsäure	0.90	13.60	**100**	1.20	8.40	**62**	0.40	3.70	**27**	—	—	—
	Zusatz von 2 % Kainit . .	0.40	13.70	**100**	0.70	10.40	**76**	0.60	9.00	**66**	—	—	—
	Zusatz von 3 % Kalk . . .	0.40	13.70	**100**	0.20	12.20	**89**	0.70	10.40	**76**	0.60	8.70	**64**

Versuchsreihe V.

Tabelle 9.

Datum des Umschaufelns und der Probenahme: 30. August 1895.

Bezeichnung.		I. Prüfung bei Beginn des Versuchs.			II. Prüfung nach 14 Tagen.			III. Prüfung nach 28 Tagen.			IV. Prüfung nach 56 Tagen.		
		Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wieder-gefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wieder-gefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wieder-gefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wieder-gefunden worden Teile
Alle 7 Tage umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	0.20	13.60	**100**	0.20	12.30	**90**	0.20	11.80	**87**	0.20	11.00	**81**
	Zusatz von 3 % Gips	0.10	13.55	**100**	0.40	10.60	**78**	0.30	9.00	**66**	0.40	6.40	**47**
	Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % Phosphorsäure	0.20	13.50	**100**	0.40	10.50	**78**	0.20	8.60	**64**	0.30	6.00	**44**
	Zusatz von 2 % Kainit	0.20	13.40	**100**	0.30	10.30	**77**	0.25	6.60	**49**	0.20	1.30	**10**
	Zusatz von 3 % Kalk	0.15	13.55	**100**	0.50	11.60	**86**	0.40	10.60	**78**	0.80	9.85	**73**
Alle 14 Tage umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	0.10	13.60	**100**	0.60	12.20	**90**	0.30	11.60	**85**	0.30	10.90	**80**
	Zusatz von 3 % Gips	0.20	13.60	**100**	0.60	9.60	**71**	0.20	7.40	**54**	0.20	5.20	**38**
	Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % Phosphorsäure	0.20	13.70	**100**	0.70	9.20	**67**	0.60	7.00	**51**	0.90	2.80	**20**
	Zusatz von 2 % Kainit	0.10	13.60	**100**	0.40	9.60	**71**	0.40	5.20	**38**	0.30	0.60	**4**
	Zusatz von 3 % Kalk	0.15	13.70	**100**	0.60	12.10	**88**	0.30	10.80	**79**	0.30	10.40	**76**

Versuchsreihe V.

Tabelle 10.

Datum des Umschaufelns und der Probenahme: 13. September 1895.

Bezeichnung.		I. Prüfung bei Beginn d. Versuchs.			II. Prüfung nach 14 Tagen.			III. Prüfung nach 28 Tagen.			IV. Prüfung nach 56 Tagen.		
		Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoff sind wieder-gefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoff sind wieder-gefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoff sind wieder-gefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm 1/4 norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoff sind wieder-gefunden worden Teile
Alle 7 Tage umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	0.50	13.60	**100**	0.20	13.00	**96**	0.20	12.80	**94**	0.40	12.30	**90**
	Zusatz von 3 % Gips . .	0.40	13.80	**100**	0.20	11.60	**84**	0.60	11.20	**81**	0.30	9.60	**70**
	Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % Phosphorsäure	0.55	13.60	**100**	0.40	11.30	**83**	0 60	10.80	**79**	0.50	9.15	**67**
	Zusatz von 2 % Kainit . .	0.60	13.70	**100**	0.20	11.20	**82**	0.65	9.20	**67**	0.55	4.50	**33**
	Zusatz von 3 % Kalk . .	0.70	13.90	**100**	0.30	12.70	**91**	0.40	12.70	**91**	0.40	12.10	**87**
Alle 14 Tage umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	0.60	13.90	**100**	0.30	13.40	**96**	0.50	13.00	**94**	0.60	13.05	**94**
	Zusatz von 3 % Gips . .	0.80	13.60	**100**	0.20	11.20	**82**	0.70	9.80	**72**	0.50	7.20	**53**
	Zusatz v. 3 % Gips + 0.3 % Phosphorsäure	0.50	13.60	**100**	0.50	10.70	**79**	0.95	9.90	**73**	0.70	7.15	**53**
	Zusatz von 2 % Kainit . .	0.65	13.60	**100**	0.30	11.70	**86**	0.80	9.60	**71**	0 75	4.90	**36**
	Zusatz von 3 % Kalk . .	0.50	13.80	**100**	0.20	13.10	**95**	0.60	12.70	**92**	0.55	13.05	**95**

Versuchsreihe V.

Tabelle 11.

Zusammenstellung aus den Tabellen 3 bis 10.

	Bezeichnung der Versuche.	Von je 100 Teilen Salpeter-N hatte der Mist zersetzt	Probe entnommen am: 7. Juni (14 Tage)	21. Juni (28 Tage)	5 Juli (42 Tage)	19. Juli (56 Tage)	2. August (70 Tage)	16. August (84 Tage)	30. August (98 Tage)	13. Sept. (112 Tage)
Alle 7 Tage umgeschaufelt.	Mist ohne Zusatz	nach 14 Tagen Teile	100	74	37	55	20	10	10	4
		„ 28 „ „	—	100	87	89	38	24	13	6
		„ 56 „ „	—	—	100	100	90	36	19	10
	Mist + 3 % Gips	nach 14 Tagen Teile	100	80	47	70	34	25	22	16
		„ 28 „ „	—	100	86	100	82	65	34	19
		„ 56 „ „	—	—	100	—	100	93	53	30
	Mist + 3 % Gips + 0.3 % Phosphors.	nach 14 Tagen Teile	100	80	58	54	23	19	22	17
		„ 28 „ „	—	100	96	87	47	51	36	21
		„ 56 „ „	—	—	100	100	100	75	56	33
	Mist + 2 % Kainit	nach 14 Tagen Teile	100	81	39	54	24	19	23	18
		„ 28 „ „	—	100	91	100	72	75	51	33
		„ 56 „ „	—	—	100	—	100	100	90	67
	Mist + 3 % Kalk	nach 14 Tagen Teile	100	78	40	33	10	9	14	9
		„ 28 „ „	—	100	83	60	29	21	22	9
		„ 56 „ „	—	—	100	100	63	37	27	13
Alle 14 Tage umgeschaufelt.	Mist ohne Zusatz	nach 14 Tagen Teile	100	87	38	32	18	12	10	4
		„ 28 „ „	—	100	92	65	38	27	15	6
		„ 56 „ „	—	—	100	100	87	40	20	6
	Mist + 3 % Gips	nach 14 Tagen Teile	100	90	61	70	44	26	29	18
		„ 28 „ „	—	100	100	100	99	68	46	28
		„ 56 „ „	—	—	—	—	100	91	62	47
	Mist + 3 % Gips + 0.3 % Phosphors.	nach 14 Tagen Teile	100	96	67	81	54	38	33	21
		„ 28 „ „	—	100	100	100	87	73	49	27
		„ 56 „ „	—	—	—	—	100	100	80	47
	Mist + 2 % Kainit	nach 14 Tagen Teile	100	87	60	65	41	24	29	14
		„ 28 „ „	—	100	100	100	70	34	62	29
		„ 56 „ „	—	—	—	—	100	100	96	64
	Mist + 3 % Kalk	nach 14 Tagen Teile	100	76	49	33	15	11	12	5
		„ 28 „ „	—	100	90	67	34	24	21	8
		„ 56 „ „	—	—	100	100	73	36	24	5

Versuchsreihe V.

Tabelle 12.

Zusammenstellung aus den Tabellen 3 bis 7.

	Bezeichnung der Versuche.	Sämtlicher Salpeter-N war durch Einwirkung des Mistes zersetzt worden nach Tagen: Probe entnommen am 7. Juni (14 Tage)	Probe entnommen am 21. Juni (28 Tage)	Probe entnommen am 5. Juli (42 Tage)	Probe entnommen am 19. Juli (56 Tage)	Probe entnommen am 2. August (70 Tage)
Alle 7 Tage umgeschaufelt.	Mist ohne Zusatz .	13	20	32	33	62
	„ + 3 % Gips .	14	18	33	21	35
	„ + 3 % Gips + 0.3 % Phosphors.	14	18	29	36	48
	„ + 2 % Kainit .	14	18	31	24	35
	„ + 3 % Kalk .	12	19	38	56	84
Alle 14 Tage umgeschaufelt.	Mist ohne Zusatz .	13	19	31	41	65
	„ + 3 % Gips .	14	18	28	23	35
	„ + 3 % Gips + 0.3 % Phosphors.	14	16	27	19	35
	„ + 2 % Kainit .	12	18	28	28	42
	„ + 3 % Kalk .	12	20	33	41	82

Die Zusammenstellungen in den Tabellen 11 u. 12 geben uns eine Übersicht über die gewonnenen Ergebnisse.

Wir ersehen aus denselben das Folgende:

1. Die salpeterzersetzende Kraft des Mistes hat — wenn auch nicht mit absoluter — so doch mit deutlich erkennbarer Regelmässigkeit von 14 zu 14 Tagen abgenommen. Während in dem 14 Tage alten Mist die Reduktionskraft noch so gross war, dass nur 14 Tage nötig waren, um sämtlichen Salpeter-Stickstoff vollständig zu zersetzen, hatte sich dieselbe in dem 42 Tage alten Mist so weit vermindert, dass nach 14tägiger Dauer im Mittel erst die Hälfte des Salpeter-Stickstoffs reduziert war, und ca. 30 Tage erforderlich waren, um sämtlichen Salpeter-Stickstoff vollständig zu zersetzen.

2. In dem alle 7 Tage umgefüllten Mist ist die salpeterzersetzende Kraft durchschnittlich etwas schneller vermindert worden, als in dem nur alle 14 Tage umgefüllten. Dies tritt selbstredend um so deutlicher hervor, je länger der Mist gelagert hat; im Mittel aller Versuche aber ist die Differenz sehr gering, wie ja auch schon die Versuchsreihe IV es ergeben hatte.

3. Ein Einfluss der Konservierungsmittel auf die salpeterzersetzende Kraft des Mistes ist in dem länger gelagerten Mist deutlich erkennbar, und zwar haben Gips, Superphosphatgips und Kainit konservierend auf die zersetzende Kraft des Mistes gewirkt, während der Kalk diese Wirkung nicht ausgeübt hat.

In den am 13. September entnommenen Proben des 112 Tage gelagerten Mistes zeigte sich im Mittel der beiden Reihen das Folgende.

Von je 100 Teilen Salpeter-Stickstoff hatten nach Ablauf von 56 Tagen reduziert:

1.	Der ohne Zusatz gebliebene Mist	8	Teile Salpeter-Stickstoff.
2.	„ mit Gips versetzte Mist	39	„ „
3.	„ „ „ und Phosphors. versetzte Mist	40	„ „
4.	„ „ Kainit versetzte Mist	66	„ „
5.	„ „ Kalk versetzte Mist	9	„ „

Das Gleiche ersieht man aus der Tabelle 12.

Bei den Versuchen, die mit 70 Tage gelagertem Mist angestellt waren, hatte sich ergeben, dass sämtlicher Salpeter-Stickstoff erst zersetzt war

nach 64 Tagen, wenn kein Zusatz erfolgt war,
„ 83 „ „ Kalk zugesetzt war,

dagegen war sämtlicher Salpeter-Stickstoff schon zersetzt

nach 35 Tagen, wenn Gips zugesetzt war,
„ 41 „ „ „ und Phosphorsäure zugesetzt waren,
„ 39 „ „ Kainit zugesetzt war.

4. Eine völlige Tötung der salpeterzersetzenden Bakterien ist selbst durch 112tägige Lagerung und alle 7 Tage erfolgtes Umfüllen des Mistes nicht erfolgt. Die denitrifizierende Kraft des Mistes ist nur erheblich dadurch geschwächt, und zwar soweit geschwächt worden, dass sie nach 42tägiger Lagerung des Mistes auf die Hälfte ihrer ursprünglichen Energie herabgesunken ist.

Um zu zeigen, wie gering die Abnahme der salpeterzersetzenden Kraft des Mistes ist, wenn derselbe festgetreten lagert und nicht umgeschaufelt wird, haben wir mit dem bei der Versuchsreihe III gewonnenen Material (s. o.) Denitrifizierungsversuche (Versuchsreihe VI) ausgeführt, deren Ergebnisse sich in der Tabelle 1 zusammengestellt finden.

(Tabelle 1 siehe Seite 166 und 167.)

Man sieht, dass der selbst 4 Monate festgetreten gelagerte und nicht umgefüllte Mist von seiner salpeterzersetzenden Kraft

nur wenig eingebüsst hatte, während in dem lose gelagerten und öfter umgeschaufelten Mist eine so bedeutende Verminderung derselben eingetreten war, dass selbst eine 4 monatige Einwirkung des Mistes auf die Salpeterlösung nur 6 bis 8 % des Salpeter-Stickstoffs zersetzt hatte.

Es ist bemerkenswert, dass (in Übereinstimmung mit den übrigen Versuchen der Reihe VI) die Zusätze von Konservierungsmitteln (namentlich von Kainit) die zersetzende Wirkung des Mistes günstig beeinflusst haben, wenn die Dauer der Denitrifikation eine sehr lange, der Prozess ein äusserst langsamer war. Ging dagegen (wie es beim festgetretenen gelagerten Mist der Fall war) dieser Prozess sehr schnell vor sich, so wirkten die Zusatzmittel — wie die Tabelle es zeigt — in entgegengesetzter Richtung. Wir haben es hier offenbar mit zwei generell verschiedenen und sich entgegenstehenden Wirkungen der Zusätze zu thun, von welchen die eine Art bei dem schnell verlaufenden, die andere bei dem langsam verlaufenden Zersetzungsprozess zur Herrschaft gelangt. Näherer Aufschluss hierüber ist noch zu erbringen.

Beachtenswerte und die vorstehenden Resultate bestätigende Zahlen haben wir noch bei einigen weiteren Prüfungen der Versuchsreihe VI erhalten.

Nachdem am 13. September 1895 die letzte Umfüllung der zur Reihe a und b (Versuchsreihe V) gehörenden Versuche stattgefunden hatte, liessen wir den Mist sämtlicher Reihen (a, b und c) bis zum 20. April 1896 in den Cementgruben weiter lagern, ohne dass etwas daran vorgenommen wurde.

Am 20. April 1896, nachdem also der Mist
der Reihe a ca. 11 Monate gelagert hatte und während der ersten 4 Monate alle 7 Tage umgefüllt war,
der Reihe b ca. 11 Monate gelagert hatte und während der ersten 4 Monate alle 14 Tage umgefüllt war,
der Reihe c ca. 11 Monate gelagert hatte und während dieser Zeit **nicht** umgefüllt war,
wurden die Gruben entleert, der Inhalt sorgfältig gemischt, gewogen und Proben demselben entnommen.

Die Resultate der Prüfung dieser Proben ersieht man aus den jetzt folgenden Tabellen 2 bis 4.

(Tabelle 2, 3 und 4 siehe Seite 168—171.)

Versuchs-

Tabelle 1.

Versuche über die denitrifizierende Wirkung

Versuchs-

Behandlung des Pferdemistes.	Angewandtes Mistquantum (entspr. 250 g frischen Mistes)	Am 3.—5. September wurde das betr. und in einer verschlossenen Flasche					
		Faktoren (berechnet aus der Trockensubstanz des Mistes etc.)	I. Prüfung nach 14 Tagen, 18. September.		II. Prüfung nach 28 Tagen, 2. Oktober.	
			Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N. entspricht ccm $^1/_4$ norm	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N. sind wiedergefunden worden	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N. entspricht ccm $^1/_4$ norm.	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N. sind wiedergefunden worden
	g		Na OH	Teile	Na OH	Teile
700 kg Pferdemist festgetreten gelagert, nicht umgeschaufelt und feucht gehalten.						
Ohne Zusatz . .	208.9	7.4944	3.45	26	0.00	—
Zusatz von 3 % Gips	211.8	7.4093	7.60	56	3.30	24
Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % Phosphorsäure.	224.0	7.4176	5.20	39	0.30	2
Zusatz von 2 % Kainit . . .	220.4	7.4183	8.10	60	4.15	31
450 kg Pferdemist lose gelagert, umgeschaufelt und feucht gehalten.						
Ohne Zusatz . .	133.3	7.4979	13.20	99	13.20	99
Zusatz von 3 % Gips	163.6	7.3526	13.40	99	13.40	99
Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % Phosphorsäure.	171.8	7.3584	13.15	97	13.15	97
Zusatz von 2 % Kainit . . .	176.8	7.3733	13.00	96	12.80	94
450 kg Pferdemist lose gelagert, umgeschaufelt und trocken gehalten.						
Ohne Zusatz . .	115.3	7.2881	13.10	95	13.20	96
Zusatz von 3 % Gips	136.7	7.3022	13.30	97	13.15	96
Zusatz von 3 % Gips + 0.3 % Phosphorsäure.	149.7	7.3232	13.55	99	13.40	98
Zusatz von 2 % Kainit . . .	160.3	7.3414	13.10	96	13.00	95

reihe VI.

Tabelle 1.

des 4 Monate lang gelagerten Pferdemistes der reihe III.

Mistquantum mit 4 l Wasser + 2 g Salp.-N. in 100 ccm Wasser übergossen bei Zimmertemperatur aufbewahrt.

III. Prüfung nach 42 Tagen, 16. Oktober.		IV. Prüfung nach 56 Tagen, 30. Oktober.		V. Prüfung nach 70 Tagen, 13. November.		VI. Prüfung nach 98 Tagen, 11. Dezember.		VII. Prüfung nach 126 Tagen, 8. Januar 1895.	
Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. Na OH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N. entspricht ccm $^1/_4$ norm. Na OH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. Na OH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N. entspricht ccm $^1/_4$ norm. Na OH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. Na OH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile
0.00	—	0.00	—	—	—	—	—	—	—
0.50	4	0.00	—	—	—	—	—	—	—
0.00	—	0.00	—	—	—	—	—	—	—
0.80	6	0.00	—	—	—	—	—	—	—
13.20	99	13.10	98	13.00	97	12.90	97	12.60	94
12.60	93	12.60	93	12.40	91	11.90	87	11.60	85
12.60	93	12.00	88	12.20	90	11.10	82	10.90	80
12.10	89	11.40	84	10.95	81	9.10	67	8.35	62
13.25	97	13.30	97	13.20	96	13.00	95	12.60	92
12.80	93	12.40	91	12.25	89	11.50	84	11.00	80
12.90	94	12.40	91	12.20	89	11.60	85	10.90	80
11.80	87	10.80	79	10.15	75	7.70	57	6.70	49

Versuchs-

Tabelle 2.

	Bezeichnung.	I. Prüfung bei Beginn des Versuchs.			II. Prüfung nach 14 Tagen.		
		Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wiedergefunden worden Teile
Alle 7 Tage umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	0.30	13.80	100	0.30	13.80	100
	Zusatz von 3 % Gips	0.40	13.55	100	0.35	13.00	96
	Zusatz von 3 „ Gips + 0.3 % Phosphorsäure	0.30	13.60	100	0.35	12.60	93
	Zusatz von 2 % Kainit	0.30	13.40	100	0.30	8.40	63
	Zusatz von 3 „ Kalk	0.35	13.55	100	0.30	13.00	96
Alle 14 Tage umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	0.40	13.60	100	0.40	13.20	97
	Zusatz von 3 % Gips	0.30	13.60	100	0.35	13.00	96
	Zusatz von 3 „ Gips + 0.3 % Phosphorsäure	0.30	13.70	100	0.30	12.85	94
	Zusatz von 2 % Kainit	0.40	13.60	100	0.40	8.80	65
	Zusatz von 3 „ Kalk	0.35	13.80	100	0.30	13.80	100
Nicht umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	0.70	13.60	100	0.80	11.80	87
	Zusatz von 3 % Gips	0.80	13.55	100	0.80	11.65	86
	Zusatz von 3 „ Gips + 0.3 % Phosphorsäure	0.80	13.50	100	0.90	11.70	87
	Zusatz von 2 % Kainit	0.90	13.40	100	0.80	11.60	87
	Zusatz von 3 „ Kalk	0.80	13.55	100	0.80	11.65	86

[1]) Die mit [1]) versehenen Nummern zeigten am 15. Oktober 1896

reihe VI.

Tabelle 2.

III. Prüfung nach 28 Tagen.			IV. Prüfung nach 56 Tagen.			Ende der Denitrifikation.		10 g Pferdemist + 50 ccm Wasser + 0.05 g Salpeter-Stickstoff in Kochfläschchen bei 32° C. vom 20. April ab stehen gelassen.	
								Ende der Denitrifikation.	
Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-Stickstoffs sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-Stickstoff entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen Salpeter-Stickstoffs sind wiedergefunden worden Teile	Datum	Anzahl der Tage	Datum	Anzahl der Tage
0.30	13.20	96	0.35	12.50	91	[1])	[1])	16. Juli	87
0.30	12.20	90	0.30	11.20	83	[1])	[1])	4. „	75
0.20	11.60	85	0.20	9.30	68	[1])	[1])	16. Juni	57
0.25	6.60	49	0.30	3.40	25	6. Aug.	108	11. Mai	21
0.30	12.60	93	0.20	12.20	90	[1])	[1])	15. Sept.	148
0.30	12.90	95	0.20	12.50	92	[1])	[1])	14. Aug.	116
0.20	12.40	91	0.20	11.00	81	[1])	[1])	4. Juli	75
0.30	11.90	87	0.20	10.20	74	[1])	[1])	19. Juni	60
0.40	8.20	60	0.30	7.80	57	19. Aug.	121	30. Mai	40
0.30	13.20	96	0.35	12.20	88	[1])	[1])	9. Sept.	142
0.60	9.70	71	0.40	5.40	40	30. Juli	101	21. Mai	31
0.80	8.20	61	0.80	3.80	28	14. „	85	16. „	26
0.70	8 30	61	0.40	3.90	29	14. „	85	12. „	22
0.80	7.60	57	0.90	2.80	21	5. „	76	10. „	20
0.70	9.50	70	0.40	6.95	51	9. Sept.	142	30. „	40

(also nach 178 Tagen) noch deutliche Salpeterreaktion.

Versuchsreihe VI.

Tabelle 3.

Analytische Angaben über den gelagerten Pferdemist.

Dauer der Lagerung: ca. 11 Monate (24. Mai 1895 bis 20. April 1896).

	Behandlung des Pferdemistes.	Der in einem Kasten enthaltene feuchte Pferdemist wog beim Entleeren der Kästen	Der feuchte Pferdemist enthielt:			Am Ende des Versuchs waren pro Kasten enthalten:		
			Trocken-substanz	Gesamt-Stickstoff	Ammoniak-Stickstoff	Trocken-substanz	Gesamt-Stickstoff	Ammoniak-Stickstoff
		kg	%	%	%	kg	kg	kg
Alle 7 Tage umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	238.1	41.50	0.925	0.013	98.81	2.2024	0.0310
	Zusatz von 3 % Gips .	313.5	39.00	0.631	0.003	122.27	1.9782	0.0094
	Zusatz von 3 „ Gips + 0.3 % Phosphorsäure .	338.8	41.00	0.614	0.010	138.91	2.0802	0.0339
	Zusatz von 2 % Kainit .	341.8	39.00	0.573	0.003	133.30	1.9585	0.0103
	Zusatz von 3 „ Kalk .	256.7	49.00	0.848	0.006	125.78	2.1768	0.0154
Alle 14 Tage umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	260.9	39.50	0.805	0.008	103.06	2.1002	0.0209
	Zusatz von 3 % Gips .	340.6	38.50	0.600	0.004	131.13	2.0436	0.0136
	Zusatz von 3 „ Gips + 0.3 % Phosphorsäure .	353.4	42.00	0.594	0.004	148.43	2.0992	0.0141
	Zusatz von 2 % Kainit .	356.6	38.00	0.600	0.008	135.51	2.1396	0.0285
	Zusatz von 3 „ Kalk .	295.1	43.00	0.718	0.004	126.89	2.1188	0.0118
Nicht umgeschaufelt.	Ohne Zusatz	420.7	32.50	0.543	0.039	136.73	2.2844	0.1641
	Zusatz von 3 % Gips .	458.8	34.50	0.513	0.004	158.29	2.3536	0.0184
	Zusatz von 3 „ Gips + 0.3 % Phosphorsäure .	457.1	34.50	0.491	0.039	157.70	2.2444	0.1783
	Zusatz von 2 % Kainit .	443.6	35.00	0.514	0.004	155.26	2.2801	0.0177
	Zusatz von 3 „ Kalk .	404.4	35.50	0.531	0.021	143.56	2.1474	0.0849

Versuchsreihe VI.

Tabelle 4.

Am 24. Mai 1895 wurden pro Kasten eingefüllt: 12 Portionen á 50 kg = 600 kg frischer Pferdemist mit

187.8 kg (entspr. 31.30 %) Trockensubstanz,
2.343 kg (entspr. 0.380 „) Gesamt-Stickstoff,
0.339 kg (entspr. 0.057 „) Ammoniak-Stickstoff.

Am 20. April 1896 wurden die Kästen wieder entleert und die nachstehenden Resultate erhalten:

	Behandlung des Pferdemistes.	Trocken-substanz kg	Trocken-substanz abzügl. Konservierungsmittel kg	Gesamt-Stickstoff kg	Ammoniak-Stickstoff kg	Von je 100 kg eingefüllter Trockensubst. waren nach 11 Monaten noch vorhanden kg	Von je 100 kg eingefüllten Gesamt-Stickst. waren nach 11 Monaten noch vorhanden kg
Alle 7 Tage umgeschaufelt.	Ohne Zusatz . . .	98.81	98.81	2.2024	0.0310	53	94
	Zusatz von 3 % Gips	122.27	104.27	1.9782	0.0094	56	84
	Zusatz von 3 „ Gips + 0.3 % Phosphors.	138.91	116.41	2.0802	0.0339	62	89
	Zusatz von 2 % Kainit	133.30	121.30	1.9585	0.0103	65	84
	Zusatz von 3 „ Kalk	125.78	107.78	2.1768	0.0154	57	93
Alle 14 Tage umgeschaufelt.	Ohne Zusatz . . .	103.06	103.06	2.1002	0.0209	55	90
	Zusatz von 3 % Gips	131.13	113.13	2.0436	0.0136	60	87
	Zusatz von 3 „ Gips + 0.3 % Phosphors.	148.43	125.93	2.0992	0.0141	67	90
	Zusatz von 2 % Kainit	135.51	123.51	2.1396	0.0285	66	91
	Zusatz von 3 „ Kalk	126.89	108.89	2.1188	0.0118	58	90
Nicht umgeschaufelt.	Ohne Zusatz . . .	136.73	136.73	2.2844	0.1641	73	97
	Zusatz von 3 % Gips	158.29	140.29	2.3536	0.0184	75	100
	Zusatz von 3 „ Gips + 0.3 % Phosphors.	157.70	135.20	2.2444	0.1783	72	96
	Zusatz von 2 % Kainit	155.26	143.26	2.2801	0.0177	76	97
	Zusatz von 3 „ Kalk	143.56	125.56	2.1474	0.0849	67	92

Die Tabelle 2 bestätigt die voraufgegangenen Ergebnisse vollkommen. Sie zeigt, dass der 11 Monate gelagerte und während der ersten 4 Monate öfter umgefüllte und dadurch humifizierte Mist in seiner denitrifizierenden Kraft bedeutend geschwächt war. Während der frische Mist in kaum 14 Tagen sämtlichen Salpeter-Stickstoff zersetzen konnte, hatte der gelagerte nach 2 monatiger Einwirkung auf die Salpeterlösung unter sonst gleichen Verhältnissen erst rund 10 % des Salpeter-Stickstoffs zersetzt. Zusätze von „Konservierungsmitteln“ hatten der Schwächung seiner denitrifizierenden Kraft entgegenwirkt, denn im Mittel der Reihen a und b ergab sich, dass nach 56 tägiger Einwirkung vom Salpeter-Stickstoff zersetzt waren:

18 %, wenn der Mist mit Gips versetzt war,
29 „ „ „ „ „ „ und Phosphorsäure versetzt war, und
59 „ „ „ „ „ Kainit versetzt war.

Dagegen waren vom Salpeter-Stickstoff zersetzt:

nur 8 %, wenn der Mist keine Zusätze erhalten hatte, und
nur 11 „ „ „ „ mit 3 % Kalk versetzt war.

Der 11 Monate gelagerte und nicht umgefüllte Mist hatte seine Zersetzungsfähigkeit so sehr konserviert, dass er unter den gleichen Verhältnissen von je 100 Teilen Salpeter-Stickstoff zersetzt hatte:

60 % wenn kein Zusatz erfolgt war,
72 „ wenn er mit Gips versetzt war,
71 „ „ „ „ „ und Phosphorsäure versetzt war,
79 „ „ „ „ Kainit versetzt war,
49 „ „ „ „ Kalk versetzt war.

Ein besonders klares und scharfes Bild hierüber geben die auf Tabelle 2 verzeichneten, bei 32° C. im Thermostaten ausgeführten Denitrifizierungsversuche.

Die Denitrifikation war beendet nach

102 Tagen,	wenn kein Zusatz erfolgt war,	(Mittel aus Reihe a u. b.) Mist 11 Monate gelagert und während der ersten 4 Monate öfter umgefüllt.
75 „	wenn der Mist mit Gips versetzt war,	
59 „	wenn der Mist mit Gips+Phosphors. versetzt war,	
30 „	wenn der Mist mit Kainit versetzt war,	
145 „	wenn der Mist mit Kalk versetzt war.	
31 Tagen,	wenn kein Zusatz erfolgt war,	(Reihe c.) Mist 11 Monate gelagert und nicht umgefüllt.
26 „	wenn der Mist mit Gips versetzt war,	
22 „	wenn der Mist mit Gips+Phosphors. versetzt war,	
20 „	wenn der Mist mit Kainit versetzt war,	
40 „	wenn der Mist mit Kalk versetzt war.	

Man erkennt hier deutlich, dass Zusätze von Gips, Superphosphatgips und besonders Kainit die salpeterzersetzende Kraft des Mistes konserviert haben, während der Zusatz von Kalk in entgegengesetzter Richtung gewirkt hat.

Die Tabellen 3 und 4 liefern endlich noch eine Bestätigung der bei den früheren Reihen erhaltenen Resultate, dahingehend, dass die Abnahme an Trockensubstanz während des Lagerns eine sehr bedeutende (und zwar eine grössere beim umgefüllten, eine geringere beim nicht umgefüllten) gewesen ist und dass die Konservierungsmittel einen nur geringen Einfluss auf die Zersetzung gehabt haben, während — wie man sieht — die Stickstoffverluste im Mittel gering gewesen, durchschnittlich ca. 10 % betragen haben und ein Einfluss der Konservierungsmittel auf die Höhe des Stickstoffverlustes nicht bemerkbar gewesen ist.

Mit der Thatsache, dass der Einfluss der Konservierungsmittel auf die Stickstoffzersetzung ein nicht bemerkbarer und auch der Verlust an organischer Substanz ein nur geringer gewesen ist, steht die Thatsache, dass — wie Tabelle 2, Versuchsreihe V, es er-

giebt — auch der Einfluss der „Konservierungsmittel“ auf die Erwärmung des Mistes ein nur wenig merklicher gewesen ist. Nur im Anfang des Lagerns, etwa während der ersten 4 Wochen, ist eine stärkere Wärmeentwickelung da zu verfolgen gewesen, wo der Mist mit gebranntem Kalk versetzt war, ein Umstand, der sich damit deckt, dass der mit Kalk versetzte Mist im Durchschnitt auch etwas mehr Trockensubstanz verloren hat als der mit Gips, Superphosphatgips oder Kainit versetzte.

Berechnet man aus den Reihen a und b die Gesamtmittel aller Temperaturaufnahmen, so ergeben sich die folgenden Zahlen:

49° C. im Mist ohne Zusatz,
48 „ „ „ mit Zusatz von Gips,
47 „ „ „ „ „ „ „ und Phosphorsäure,
49 „ „ „ „ „ „ Kainit,
49 „ „ „ „ „ „ Kalk.

Da nun, wie man aus den Aufzeichnungen der Tabelle 2, Versuchsreihe V, ersieht, die Temperaturen des Mistes immer noch nicht diejenige Höhe erreicht haben, wie sie in erheblich grösseren Misthaufen erzielt werden, und die Verminderung der salpeterzersetzenden Kraft des Mistes somit in der Praxis immer noch eine grössere sein kann, als sie bei unseren Versuchen nachgewiesen wurde, so haben wir, um diese Frage zum Abschluss zu bringen, noch den folgenden Versuch ausgeführt.

Versuchsreihe VII.

Etwa 200 Ctr. frischen Pferdemistes aus der Artilleriekaserne wurden im Garten der Versuchsstation zu einem Haufen aufgesetzt. Dieser Haufe wurde von 10 zu 10 Tagen umgeschaufelt und nach dem jedesmaligen Umschaufeln wurden je 2 Mittelproben demselben entnommen, die zu Denitrifizierungsversuchen dienten. Um die durch Regen oder Schnee etwa hinzugetretene Feuchtigkeit zu eliminieren, wurde stets eine 95 g Trockensubstanz entsprechende Menge der Proben zu den Versuchen verwendet, d. i. die Menge von Trockensubstanz, welche in 300 g frischen Pferdemistes enthalten war. Die salpeterzersetzende Kraft des Mistes wurde wie oben angegeben festgestellt: das Mistquantum mit 4 l Wasser übergossen, mit 100 ccm Salpeterlösung (2 g Salpeter-Stickstoff enthaltend) versetzt und bei Zimmertemperatur stehen gelassen.

Am Tage vor dem Umschaufeln und am 3. Tage nach geschehenem Umschaufeln wurde die Temperatur des Haufens gemessen.

Die Tabellen 1 und 2 und die graphischen Darstellungen (Tafel II) zeigen die Resultate.

Versuchsreihe VII.

Tabelle 1.

Angaben über Temperaturmessungen des am 16. Oktober 1894 im Freien aufgesetzten Pferdemistes.

Die Messung geschah bei einer Tiefe von cm	Die Temperatur betrug in Graden Celsius bei einer Lagerungsdauer von:													
	10 Tagen		20 Tagen		30 Tagen		40 Tagen		50 Tagen		60 Tagen		70 Tagen	
	a. 25. Oktob.	b. 29. Oktob.	a. 4. Novbr.	b. 8. Novbr.	a. 14. Novbr.	b. 18. Novbr.	a. 24. Novbr.	b. 28. Novbr.	a. 4. Dezbr.	b. 8. Dezbr.	a. 14. Dezbr.	b. 18. Dezbr.	a. 24. Dezbr.	b. 28. Dezbr.
30	54	59	56	54	58	58	62	48	59	41	54	52	39	—
60	49	53	59	66	65	56	59	46	57	46	57	50	43	—
90	40	44	48	52	57	53	52	42	50	47	52	46	37	—

Die unter a aufgeführten Daten fallen stets auf 1 Tag vor, die unter b aufgeführten auf den 3. Tag nach dem Umschaufeln.

(Tabelle 2 siehe Seite 175.)

Aus den Tabellen ersieht man, dass die Wärmeentwickelung des Mistes hier eine erheblich grössere gewesen ist, als in den kleineren, nur 12 Ctr. betragenden Quantitäten. Die Temperatur ist bis auf 66° C. angestiegen, und die Tabelle 2 ergiebt, dass die salpeterzersetzende Kraft mit grosser Regelmässigkeit von Periode zu Periode, und zwar in sehr erheblichem Masse, abgenommen hat. Sehr übersichtlich zeigen dies die graphischen Darstellungen.

Wir dürfen auf Grund des umfänglichen Versuchsmaterials nunmehr die Thatsache als genügend erwiesen erachten, dass der Mist bei seinem Verrottungs- oder Humifizierungsprozess, der im festgetretenen Mist langsam, im durchlüfteten oder öfter umgeschaufelten schnell verläuft, in beachtenswertem Masse von seiner salpeterzersetzenden Kraft verliert.

Versuchsreihe VII.

Tabelle 2.

Denitrifikationsversuche mit dem am 16. Oktober 1894 im Freien aufgesetzten Pferdemist.

Datum des Umschaufelns und der Probenahme	Angewandtes Mistquantum (entspr. 95 g Trockensubstanz)	Multiplikations-Faktoren (berechnet aus der Trockensubstanz des Mistes etc.)	I. Prüfung nach 10 Tagen.		II. Prüfung nach 20 Tagen.		III. Prüfung nach 30 Tagen.		IV. Prüfung nach 40 Tagen.		V. Prüfung nach 60 Tagen.		VI. Prüfung nach 80 Tagen.		Ende der Denitrifikation.	
			Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm.	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm.	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm.	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm.	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm.	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm.	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden	Datum	Nach Tagen.
	g		NaOH	Teile	NaOH	Teile	NaOH	Teile	NaOH	Teile	NaOH	Teile	NaOH	Teile	NaOH	Teile		
16. Okt. 1894	300	7.5338	0.2 0.1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27. Okt.	11
26. „ „	327	7.5810	3.0 1.6	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10. Nvbr.	15
5. Novbr. „	295	7.5250	6.8 7.1	52	2.5 2 6	19	—	—	—	—	—	—	—	—	1. Dzbr.	26
15. „ „	300	7.5338	9.3 9.8	72	4.6 5.4	38	0.8 1.4	8	—	—	—	—	—	—	18. „	33
25. „ „	250	7.4463	11.8 12.6	91	9.5 10.1	73	6.0 6.4	46	4.6 4.9	35	1.2 1.4	10	—	—	29. Jan.	65
5. Dezbr. „	261	7.4655	13.1 13.3	99	11.0 10.8	81	9.9 9.6	73	8.6 8.3	63	5.2 4.95	38	3.6 3.2	25	30. März	115
15. „ „	288	7.5128	13.1 13.1	98	12.4 12.5	94	11.4 11 2	85	9.6 9.8	73	7.9 8.0	60	5.8 6.2	45	17. Mai	153
25. „ „	280	7.4988	13.3 13.3	100	13.2 13.0	98	12.3 12.2	92	11.2 11.4	85	10.1 9.8	75	9.1 8.2	65	2. Aug.	220

Unter sonst gleichen Verhältnissen wird also aus diesem Grunde ein relativ stark verrotteter Mist besonders auf stickstoffreichen oder mit Stickstoffsalzen gedüngten Böden relativ besser wirken, als ein nicht verrotteter; auch ist es gewiss, dass in einem stark verrotteten Mist diejenigen Stickstoffverluste langsamer eintreten müssen, welche auf Zersetzung von Salpeter-Stickstoff zurückzuführen sind.

Zum Beweis, dass ein „humifizierter" Mist die Düngewirkung des Salpeter- und Harn-Stickstoffs weniger deprimiert, als der frische Mist, möge die folgende Versuchsreihe hier vorgeführt werden.

Versuchsreihe VIII.

Die Ausführung dieser mit Hafer angestellten Versuche ist auf Seite 261 beschrieben worden, ich verweise auf die dort gegebenen Mitteilungen und lasse hier sogleich die Resultate der Versuche folgen, wie sie in der angefügten Tabelle zusammengestellt sind. Ich habe nur noch zu erwähnen, dass unter „humifiziertem Pferdekot" diejenige Substanz verstanden ist, welche in der oben beschriebenen Versuchsreihe IV dadurch gewonnen worde, dass nicht mit Konservierungsmitteln versetzter Kasernenmist vom 19. Dezember bis 10. April, also ca. 4 Monate unter alle 5 Tage wiederholtem Umfüllen gelagert wurde.

(Tabelle Versuchsreihe VIII siehe Seite 177.)

Die Tabelle bedarf keines weiteren Kommentars. Aus den Zahlen ersieht man, dass der humifizierte Mist erheblich weniger deprimierend auf die Ausnutzung des Salpeter- und Harn-Stickstoffs gewirkt hat, als der frische Mist.

Immerhin aber ist die Verminderung der Stickstoffwirkung, die durch die Beidüngung von humifiziertem Mist hervorgerufen wurde, noch eine sehr bedeutende, und ich bin daher der Ansicht, dass es aussichtslos ist, eine befriedigende Herabminderung der salpeterzersetzenden Kraft des Tierkotes dadurch zu erzielen, dass man die Humifizierung des Stallmistes bezw. des aus Kot und Stroh bestehenden Mistes zu begünstigen sucht.

Ich werde zu dieser Ansicht um so mehr gedrängt, als wir gefunden haben, dass auch das Stroh einen wesentlichen Einfluss auf die Denitrifizierungsprozesse ausübt.

Die folgenden Ergebnisse haben unsere diesbezüglichen Versuche hierüber geliefert.

Versuchsreihe VIII.

No. des Versuchs	Differenz-Düngung. Stickstoff in Form von	g	Erträge der Einzelversuche an Trockensubstanz vom Gefäss: Stroh g	Körner g	Mittelerträge an Trockensubstanz vom Gefäss: Stroh g	Körner g	Mehrerträge gegen stickstofffreie Düngung: Stroh g	Körner g	Stickstoff in je 100 g Trockensubstanz: des Strohs g	der Körner g	Stickstoff in der gesamten Ernte g	Im Vergleich zu stickstofffreier Düngung (Versuch 1) wurde an Stickstoff geerntet g	Von je 100 Teilen des in der Düngung gegebenen Stickstoffs wurden in der Erntesubstanz zurückerhalten Teile
1.	—	0	20.7 20.6 20.0	10.1 8.4 10.5	20.4	9.7	—	—	0.40	1.36	0.214	—	—
2.	Salpeters. Natron	2	150.7 137.5 143.1	101.4 97.8 102.4	143.8	100.5	123.4	90.8	0.31	1.31	1.762	1.548	77
3.	Rinderharn (frisch) von der Meierei (7.06 ‰ N)	2	— 135.2 132.8	— 81.8 83.6	134.0	82.7	113.6	73.0	0.39	1.29	1.589	1.375	69
4.	Pferdekot (frisch) von der Kaserne (3.99 ‰ N)	2	13.6 14.0 12.9	8.1 7.1 7.3	13.5	7.5	—6.9	—2.2	0.47	1.90	0.206	—0.008	—
5.	Pferdekot (frisch) Salpeters. Natron	2 2	94.8 108.4 111.4	61.9 78.6 75.7	104.9	72.1	84.5	62.4	0.31	1.28	1.248	1.034	26
6.	Pferdekot (frisch) Rinderharn (frisch)	2 2	87.5 84.6 95.0	53.9 53.9 63.4	89.0	57.1	68.6	47.4	0.31	1.28	1.007	0.793	20
7.	Humifizierter Pferdekot (4.14 ‰ N)	2	20.2 22.1 21.9	12.1 12.0 13.2	21.4	12.4	1.0	2.7	0.44	1.75	0.311	0.097	5
8.	Humifizierter Pferdekot Salperters. Natron	2 2	138.1 138.9 141.3	99.1 105.0 107.7	139.4	103.9	119.0	94.2	0.31	1.28	1.762	1.548	39
9.	Humifizierter Pferdekot Rinderharn (frisch)	2 2	138.8 126.6 128.4	94.4 90.9 91.2	131.3	92.2	110.9	82.5	0.32	1.24	1.563	1.349	34

Versuch 1.

In einer Mischung von 300 g frischem Rinderkot, 4 Liter Wasser und 2 g Salpeter-Stickstoff war nach **12** Tagen sämtlicher Salpeter-Stickstoff verschwunden.

Fügten wir der Mischung 100 g Roggenstroh bei, so war schon nach **7** Tagen der Salpeter-Stickstoff verschwunden.

Versuch 2.

In einer Mischung von 300 g humifiziertem Pferdekot, 4 Liter Wasser und 2 g Salpeter-Stickstoff war nach **22** Tagen der Salpeter-Stickstoff verschwunden.

Fügten wir der Mischung 100 g Roggenstroh bei, so war schon nach **8** Tagen sämtlicher Salpeter-Stickstoff verschwunden.

Versuch 3.

a) In einer Mischung von 100 g Roggenstroh, 4 Liter Wasser und 2 g Salpeter-Stickstoff war erst nach **138** Tagen der Salpeter-Stickstoff verschwunden.

b) In einer Mischung von 4 kg Erde (humusreicher Gartenerde), 4 Liter Wasser und 2 g Salpeter-Stickstoff war selbst nach **400** Tagen noch Salpeter-Stickstoff nachweisbar.

c) In einer Mischung von 4 kg Erde, 100 g Roggenstroh, 4 Liter Wasser und 2 g Salpeter-Stickstoff war schon nach **6** Tagen sämtlicher Salpeter-Stickstoff verschwunden.

Diese Versuche haben also die interessante Thatsache ergeben, dass das Stroh, welches an sich nur geringe salpeterzersetzende Kraft besitzt, sowohl die denitrifizierende Kraft des frischen Pferdekotes und des humifizierten Pferdekotes sehr erheblich verstärkt, als auch im Zusammenwirken mit humusreicher Gartenerde (die an sich eine kaum nachweisbare salpeterzersetzende Wirkung ausübte) den Salpeter-Stickstoff mit ganz überraschender Energie zu zersetzen vermag.

Im Anschluss hieran mögen die folgenden zwei Versuchsreihen (IX u. X) noch mitgeteilt werden.

(Tabelle Versuchsreihe IX siehe Seite 179.)

Versuchsreihe X.

12 Vegetationsgefässe von 20 cm Durchmesser und 20 cm Höhe wurden am 30. August mit je 7 kg Erde, die der Krume eines Sandbodens entnommen war, gefüllt und wie folgt gedüngt:

Versuchsreihe IX.

Denitrifizierungsversuche mit Haferkörnern, Haferstroh und Heu.

Je 100 g Haferkörner, bezw. Haferstroh und Heu wurden mit 4 Liter Wasser + 2 g Salpeter-N übergossen und bei Zimmertemperatur stehen gelassen.	I. Prüfung bei Beginn des Versuchs.			II. Prüfung nach 10 Tagen.			III. Prüfung nach 20 Tagen.			IV. Prüfung nach 40 Tagen.		
	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen gegebenen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile
100 g Haferkörner	0.05	14.2	100	0.35	13.6	96	0.50	13.8	97	0.6	13.80	97
100 „ Haferstroh	0.10	14.2	100	0.55	13.4	94	0.45	13.4	94	0.3	13.25	93
100 „ Heu	0.60	14.2	100	0.80	13.4	94	0.90	13.4	94	1.0	13.10	92

1. 3 Gefässe erhielten keine Düngung,
2. 3 „ wurden mit je 50 g Roggenstroh gedüngt,
3. 3 „ „ „ „ 1 „ Salpeter-Stickstoff gedüngt,
4. 3 „ „ „ „ 1 „ „ u. 50 g Roggenstroh gedüngt.

Die Gefässe wurden an dem gleichen Tage mit weissem Senf eingesäet, der am 19. Oktober geerntet, getrocknet, gewogen und auf Stickstoff untersucht wurde.

Die Ergebnisse sind die folgenden:

No. des Versuchs	Düngung.		Ernte an Trocken-substanz g	Stickstoff in der geernteten Trocken-substanz g
1.	Ohne Düngung	a	5.3	
		b	7.5	
		c	6.3	
	Summe:		19.1	0.329
2.	Gedüngt mit 50 g Roggenstroh	a	Pflanzen dermassen verkümmert, dass keine Ernte möglich war.	
		b		
		c		
3.	Gedüngt mit 1 g Salpeter-Stickstoff	a	36.3	
		b	32.4	
		c	31.5	
	Summe:		100.2	2.495
4.	Gedüngt mit 1 g Salpeter-Stickstoff und 50 g Roggenstroh	a	24.1	
		b	23.8	
		c	23.6	
	Summe:		71.5	1.773

Die Strohdüngung hatte also in sehr erheblichem Masse deprimierend auf die Ausnutzung des Salpeter-Stickstoffs gewirkt und hatte auf dem nicht mit Salpeter gedüngten Boden die Senfpflanzen überhaupt nicht zur Entwickelung kommen lassen. Sämtliche mit Stroh gedüngten Pflanzen (sowohl die nicht mit Stickstoff als auch die mit Salpeter gedüngten) zeigten eine gelbe, starken Stickstoffhunger verratende Färbung.

Ich will an dieser Stelle über die Einwirkung des Strohes auf den Denitrifizierungsprozess keine weitere Mitteilung machen, ich will mich auf die vorstehenden kurzen Andeutungen beschränken, die weiteren ausgedehnteren Versuche dagegen, welche wir über diese Frage ausgeführt haben und welche ein helleres

Licht auf den ursächlichen Zusammenhang der Vorgänge fallen lassen, einer späteren Mitteilung vorbehalten. An dieser Stelle würden die Mitteilungen zu sehr abzweigen von dem scharf und konsequent im Auge zu behaltenden Wege, der uns möglichst direkt und ohne zu grossen Aufenthalt zu einer Lösung der „Stallmist-Konservierungsfrage“ führen soll.

Unsere Versuche haben nun also gezeigt, dass wir die energisch salpeterzersetzende Wirkung des frischen Tierkots und die noch energischere einer Mischung von Tierkot mit Stroh nicht dadurch genügend vermindern können, dass wir den Verrottungs- oder Humifizierungsprozess des Mistes (der überdies mit nicht unerheblichem Substanzverlust, wenn auch nur unwesentlichen Stickstoffverlusten verbunden ist) zu fördern und zu beschleunigen suchen.

Wir gelangen damit zur Aufgabe, nach weiteren Mitteln zu suchen, welche etwa befähigt sind, die salpeterzersetzende Kraft des Mistes, bezw. des Gemenges von Kot und Stroh in befriedigendem Masse herabzudrücken. Es ist selbstverständlich, dass wir dabei die Forderung einer praktischen Verwendbarkeit der Mittel zu berücksichtigen haben.

Der nächste Versuch, den wir in dieser Richtung ausführten, galt der Frage, ob etwa der Schwefelkohlenstoff geeignet sein könnte, die salpeterzersetzende Kraft des Mistes zu zerstören. Es ist ja bekannt, dass der Schwefelkohlenstoff bakterientötend wirkt. Wir führen die folgenden Versuche aus.

Versuchsreihe XI.

Vier Kilo gesiebter Pferdemist wurden in ein cylindrisches Blechgefäss gebracht, mit 1 Liter Schwefelkohlenstoff übergossen und mit weiteren 4 Kilo Mist überdeckt. Das Gefäss wurde mit einem Deckel verschlossen und 3 Tage zur Seite gestellt. Daneben wurden 8 Kilo des gleichen Mistes in ein zweites Blechgefäss gebracht und ebenfalls verschlossen zur Seite gestellt.

Nach 3 Tagen wurde der Inhalt der Gefässe in weite Blechschalen gebracht und unter wiederholter Durchmengung 24 Stunden an die Luft gestellt.

Der Schwefelkohlenstoff war schon nach wenigen Stunden nicht mehr durch den Geruch wahrzunehmen.

Wir füllten jetzt 27 Vegetationsgefässe mit je 6 Kilo sandigem Lehmboden, gaben jedem Gefäss eine Grunddüngung

von 5 g phosphors. Kali nebst der auf der folgenden Tabelle angegebenen Differenzdüngung, stellten die Gefässe vom 19. bis 28. Juni zur Seite und besäten sie darauf mit weissem Senf. Am 4. August wurde der Senf geschnitten, getrocknet, gewogen und sein Stickstoffgehalt festgestellt.

Die Resultate zeigt die folgende Tabelle.

Ergebnisse der Versuchsreihe XI.

Differenz-Düngung. Stickstoff in Form von			Erträge der Einzelversuche an Trockensubstanz	Mittelerträge an Trockensubstanz	Stickstoff in je 100 g Trockensubstanz	Stickstoff in der gesamten Ernte	Von je 100 g in der Düngung gegebenen Stickstoffs sind in der oberirdischen Ernte zurückgewonnen worden
		g	g	g	g	g	g
	—	0.0	2.1 1.7 1.8	1.9	1.70	0.032	—
	Salpeters. Natron	1.5	33.3 28.0 29.9	30.4	2.86	0.869	56
Beidüngung von 500 g m. Schwefelkohlenstoff behandelt. Pferdemist.	—	0.0	0.6 0.7 0.7	0.7	1.94	0.014	—
	Salpeters. Natron	1.5	16.8 15.2 13.5	15.2	2.35	0.357	23
Beidüng. v. 500 g nicht behandelt. Pferdemist.	—	0.0	3.0 2.9 2.8	2.9	2.35	0.068	—
	Salpeters. Natron	1.5	20.8 22.4 22.2	21.8	2.62	0.571	34

Das Resultat, welches diese Versuche ergeben haben, ist ein überraschendes und befremdendes. Wir hatten erwartet, dass der mit Schwefelkohlenstoff behandelte Mist die Salpeterwirkung weniger deprimieren werde, als der nicht behandelte. Aber der entgegengesetzte Fall ist eingetreten. Der nicht behandelte Mist hat die Salpeterausnutzung von 56% auf 34%

vermindert, während der mit Schwefelkohlenstoff behandelte sie auf **23** % vermindert hat!

Ehe wir den Versuch machen, eine Erklärung für dies Resultat zu finden, wird es sich empfehlen, durch Wiederholung des Versuchs erst das Resultat auf seine Richtigkeit zu prüfen.

Wir führten demgemäss die folgende Versuchsreihe aus.

Versuchsreihe XII.

Reihe a) 36 Vegetationsgefässe wurden mit je 6 kg des bei der Versuchsreihe X verwendeten Bodens gefüllt.

Reihe b) 36 Gefässe wurden mit dem gleichen, aber zuvor mit Schwefelkohlenstoff behandelten Boden gefüllt.

5 Ctr. Boden waren mit 5 l Schwefelkohlenstoff genau so behandelt worden, wie es in Versuchsreihe XI mit dem Stallmist geschehen war.

Am 28. Juli wurden sämtliche Gefässe gefüllt und gedüngt, dann zur Seite gestellt und am 30. Juli mit weissem Senf besäet.

Die Düngung bestand aus:

1. einer allen Gefässen gegebenen Grunddüngung von 5 g phosphors. Kali,
2. salpetersaurem Natron,
3. schwefelsaurem Ammoniak,
4. Luzernegrünsubstanz,
5. nicht behandeltem Pferdemist,
6. mit Schwefelkohlenstoff genau so wie bei Reihe XI behandeltem Pferdemist.

} Die angewendeten Mengen dieser Düngemittel ersieht man aus der Tabelle.

Am 1. September wurde der Senf geschnitten, getrocknet, gewogen und sein Stickstoffgehalt ermittelt.

Alles übrige ersieht man aus der Tabelle auf S. 184 u. 185.

Die Zahlen ergeben, dass die Versuchsreihe XII thatsächlich eine Bestätigung der bei der Reihe XI erhaltenen Ergebnisse erbracht hat. Der mit Schwefelkohlenstoff behandelte Mist hat die Ausnutzung des Salpeter-, Ammoniak- und Luzerne-Stickstoffs stärker vermindert als der nicht behandelte!

Sowohl bei der Reihe a, die mit dem nicht behandelten Boden ausgeführt wurde, als auch bei der Reihe b, die auf dem mit Schwefelkohlenstoff zuvor behandelten Boden ausgeführt wurde, trifft dies regelmässig bis auf einen einzigen Ausnahmefall (in welchem die Verminderung die gleiche war) zu.

Im Mittel aller Versuche ergeben sich die folgenden Zahlen.

Ergebnisse der Versuchsreihe XII.

		Differenz-Düngung. Stickstoff gegeben in Form von	g	Erträge der Einzelversuche an Trockensubstanz g	Mittelerträge an Trockensubstanz g	Stickstoff in je 100 g Trockensubstanz g	Stickstoff in der gesamten Ernte g	Von je 100 g in der Düngung gegebenen Stickstoffs sind in der Ernte zurückgewonnen worden g
Reihe a. Boden **nicht** mit Schwefelkohlenstoff behandelt.	Ohne Beidüngung von Pferdemist.	—	0	4.4 4.7 4.4	4.5	1.98	0.089	—
		Salpeters. Natron. .	1	30.2 28.8 26.7	28.6	2.59	0.741	65
		Schwefels. Ammoniak	1	31.7 31.2 30.0	31.0	2.36	0.732	64
		Luzernegrünsubstanz	1	25.1 25.4 24.1	24.9	1.89	0.471	38
	Beidüngung von 400 g **nicht** behandelten Pferdemistes.	—	0	1.0 1.0 0.9	1.0	1.84	0.018	—
		Salpeters. Natron. .	1	17.8 14.8 18.1	16.9	1.88	0.318	30
		Schwefels. Ammoniak	1	15.2 14.4 15.1	14.9	1.61	0.240	22
		Luzernegrünsubstanz	1	4.8 4.9 5.4	5.0	2.72	0.136	12
	Beidüngung von 400 g mit Schwefelkohlenstoff behandelt. Pferdemistes.	—	0	0.8 0.9 0.8	0.8	1.40	0.011	—
		Salpeters. Natron .	1	17.2 16.1 16.1	16.5	1.89	0.312	30
		Schwefels. Ammoniak	1	13.3 13.4 13.2	13.3	1.45	0.193	18
		Luzernegrünsubstanz	1	4.3 4.4 3.8	4.2	2.16	0.091	8

(Noch Versuchsreihe XII.)

Reihe b. Boden mit Schwefelkohlenstoff behandelt.		Differenz-Düngung. Stickstoff gegeben in Form von	g	Erträge der Einzelversuche an Trockensubstanz g	Mittelerträge an Trockensubstanz g	Stickstoff in je 100 g Trockensubstanz g	Stickstoff in der gesamten Ernte g	Von je 100 g in der Düngung gegebenen Stickstoffs sind in der Ernte zurückgewonnen worden g
	Ohne Beidüngung von Pferdemist.	—	0	7.5 7.5 6.8	7.3	1.93	0.141	—
		Salpeters. Natron . .	1	35.3 34.6 34.8	34.9	2.71	0.946	81
		Schwefels. Ammoniak	1	37.5 36.1 37.0	36.9	2.28	0.841	70
		Luzernegrünsubstanz	1	26.6 28.5 26.5	27.2	2.21	0.601	46
	Beidüngung von 400 g **nicht** behandelten Pferdemist.	—	0	1.3 1.2 1.0	1.2	1.52	0.018	—
		Salpeters. Natron . .	1	26.2 26.1 28.0	26.8	2.02	0.541	52
		Schwefels. Ammoniak	1	18.4 18.2 18.6	18.4	2.17	0.399	38
		Luzernegrünsubstanz	1	8.4 8.0 8.1	8.2	2.00	0.164	15
	Beidüngung von 400 g mit Schwefelkohlenstoff behandelt. Pferdemist.	—	0	3.3 2.2 2.6	2.7	1.59	0.043	—
		Salpeters. Natron . .	1	22.9 20.2 23.6	22.2	2.17	0.482	44
		Schwefels. Ammoniak	1	16.4 16.3 17.4	16.7	2.21	0.369	33
		Luzernegrünsubstanz	1	8.7 9.5 8.1	8.8	1.94	0.171	13

Es betrug die Ausnutzung des Stickstoffs

	ohne Mistdüngung	bei Düngung von **nicht** mit Schwefelkohlenstoff behandeltem Mist	bei Düngung von **mit Schwefelkohlenstoff behandeltem** Mist
vom Chilisalpeter	73 %	67 %	42 %
vom schwefels. Ammoniak .	41 „	30 „	14 „
von der Luzernegrünsubstanz	37 „	26 „	11 „

Zu diesem befremdenden Resultat gesellt sich noch ein anderes: Auf dem mit Schwefelkohlenstoff behandelten Boden ist mit vollkommener Regelmässigkeit und bei sämtlichen Versuchsreihen die Ernte an Trockensubstanz sowohl als auch die Ernte an Stickstoff **erheblich höher** ausgefallen als auf dem nicht mit Schwefelkohlenstoff behandelten.

Setzt man die Stickstoffernten auf dem nicht mit Schwefelkohlenstoff behandelten Boden = 100, so wurden bei den entsprechenden auf dem **mit Schwefelkohlenstoff behandelten** Boden ausgeführten Versuchen erhalten:

ohne Mistdüngung	ohne Stickstoffdüngung	158	Stickstoff,
	gedüngt mit Salpeter-Stickstoff . . .	128	„
	„ „ Ammoniak-Stickstoff . . .	115	„
	„ „ Luzerne-Stickstoff	128	„
Beidüngung von **nicht** behandeltem Mist	ohne Stickstoffdüngung	100	„
	gedüngt mit Salpeter-Stickstoff . . .	170	„
	„ „ Ammoniak-Stickstoff . .	166	„
	„ „ Luzerne-Stickstoff . . .	120	„
Beidüngung von **mit Schwefelkohlenstoff behandeltem** Mist	ohne Stickstoffdüngung	391	„
	gedüngt mit Salpeter-Stickstoff . . .	154	„
	„ „ Ammoniak-Stickstoff . . .	191	„
	„ „ Luzerne-Stickstoff . . .	188	„

Diese beiden Ergebnisse scheinen sich zu widersprechen.

Wurde der Mist mit Schwefelkohlenstoff behandelt, so verminderte sich die Ausnutzung der Stickstoffsalze, wurde die Erde mit Schwefelkohlenstoff behandelt, so erhöhte sich die Ausnutzung der Stickstoffsalze!

Wie ist dies seltsame Resultat zu erklären?

Dass der Schwefelkohlenstoff in der Regel günstig auf die Produktionsthätigkeit des Ackerbodens wirkt, ist nicht neu. Schon vor einer Reihe von Jahren habe ich über diesen Gegenstand in der Deutschen landw. Presse geschrieben, und ich habe da-

selbst auch auf die interessanten Beobachtungen Oberlin's hingewiesen.

Auf Weinbergböden, welche zur Vertilgung der Reblaus mit Schwefelkohlenstoff behandelt und darauf mit Kohlarten, Runkelrüben, Luzerne, Hafer etc. bebaut wurden, bemerkte Oberlin, dass die genannten Pflanzen ohne Ausnahme eine ganz auffallend üppige Entwickelung und dunkelgrüne Färbung zeigten. Besonders in die Augen fallend war dies, wie Oberlin berichtet, auf einem Haferstück hervorgetreten, auf welchem die Pflanzen mit aller Schärfe die Grenze markiert hatten, bis zu welcher mit Schwefelkohlenstoff desinfiziert worden war. Auf dem mit Schwefelkohlenstoff behandelten Stück hatte der Hafer „üppig und grün" gestanden und war nahezu doppelt so hoch geworden als auf dem nicht desinfizierten, wo er „klein, mager, gelblich und gering" geblieben war.

Also die gleichen Erscheinungen, wie wir sie bei unseren Gefässkulturen beobachtet haben, sind auch in der Praxis hervorgetreten: intensivere Vegetation, vollkommenere Ausnutzung des vorhandenen Stickstoffs, wenn der Boden mit Schwefelkohlenstoff behandelt war.

Der mit Schwefelkohlenstoff behandelte Mist aber hat die Stickstoffausnutzung herabgedrückt, stärker herabgedrückt, als wenn er nicht damit behandelt worden war! Wie soll man dies erklären?

Eine Erklärung dieser im Widerspruch zu einander stehenden Erscheinungen ist selbstverständlich nicht möglich, ohne dass weitere eingehende Forschungen stattgefunden haben. Nur über die Richtung, welche die hierauf bezügliche Forschung wohl einschlagen dürfte, mag eine Andeutung gegeben werden.

Es scheint so, als wenn wir mit zwei verschiedenen Wirkungen des Schwefelkohlenstoffs zu rechnen haben. Die eine derselben ist eine bakterientötende, und wenn wir annehmen, dass bei der Behandlung eines Kulturbodens mit Schwefelkohlenstoff die den Pflanzen schädlich wirkenden Bakterien, insbesondere auch die salpeterzersetzenden getötet werden, so würde damit die günstige Wirkung, welche derselbe auf die Fruchtbarkeit des Bodens ausübt, erklärt zu sein scheinen. Aber diese Erklärung befriedigt nicht, denn neben schädlich wirkenden Bakterien enthält der Kulturboden auch ungemein günstig wirkende, und wenn nun aus der Tötung der Bodenbakterien ein für die Pflanzen-

entwickelung günstiges Resultat entstehen soll, so müssten wir annehmen, dass entweder der Schwefelkohlenstoff vorzugsweise die schädlich wirkenden Bakterien tötet, oder aber, dass diese die Oberhand im Boden haben und die Tötung derselben nur vorteilhaft sein kann, auch wenn dabei alle günstig wirkenden mit zu Grunde gehen.

Man wird mir beistimmen, dass beide Annahmen unwahrscheinlich sind, und dass die bakterientötende Kraft des Schwefelkohlenstoffs allein wohl nicht ausreichend ist, eine befriedigende Erklärung für die vorteilhafte Wirkung zu geben, die derselbe auf die Pflanzenvegetation ausübt.

Von Interesse ist es daher, dass Prof. Alfred Koch uns auf die Wahrscheinlichkeit einer zweiten Wirkungsart des Schwefelkohlenstoffs hingewiesen hat. Er hat — einer vorläufigen Mitteilung nach — gefunden, dass eine Behandlung des Kulturbodens mit Schwefelkohlenstoff auch dann noch von sehr günstiger Wirkung war, wenn er den Boden durch Erhitzen bereits sterilisiert hatte, eine Tötung der Bakterien also schon erfolgt war. Koch nimmt auf Grund dieses Ergebnisses an, dass der Schwefelkohlenstoff neben der bakterientötenden Wirkung auch noch eine direkte, eine Reizwirkung ausüben müsse, welche die Lebensenergie der Pflanzen erhöhe.

So wenig wahrscheinlich diese letztere Annahme auf den ersten Blick erscheint — denn der so äusserst leicht flüchtige Schwefelkohlenstoff ist ja längst verdunstet, ehe die Pflanzen überhaupt eingesäet werden — so sehr wird man doch sich genötigt sehen, dieselbe nicht unbeachtet zu lassen. Ist es nicht direkt der Schwefelkohlenstoff, der die vermutete Reizwirkung ausübt, so kann es ja ein durch ihn im Boden hervorgerufenes Agens sein, und ist es nicht eine direkt auf die Kulturpflanzen geübte Reizwirkung, so kann es ja eine etwa durch Bakterienkeime vermittelte sein, mit der wir es hier zu thun haben.

Ich will nur noch zwei Versuche anführen, die zu einer nach der angedeuteten Richtung zielenden Forschung anregen dürften.

Versuch 1.

a) Der bei der Versuchsreihe XII verwendete, mit Schwefelkohlenstoff behandelte Mist wurde auf seine salpeterzersetzende Kraft geprüft, indem 250 g desselben mit 4 Liter Wasser über-

gossen und mit 200 ccm Salpeterlösung (2 g Stickstoff enthaltend) versetzt wurde.

b) Zum Vergleich wurde genau derselbe Versuch mit demjenigen Mist angestellt, der **nicht** mit Schwefelkohlenstoff behandelt war.

Das Resultat war das folgende:

1. Am 20. Juni waren die Mischungen hergestellt worden. 100 ccm der Filtrate enthielten

bei Versuch a: 0.0469 g Salpeter-Stickstoff,
„ „ b: 0.0459 g „ .

2. Am 22. Juni, nach Ablauf von genau 2mal 24 Stunden, wurden wieder Stickstoffbestimmungen in Filtraten ausgeführt und in je 100 ccm gefunden:

bei Versuch a: 0.0455 g Salpeter-Stickstoff,
„ „ b: 0.0364 g „ .

Der mit Schwefelkohlenstoff behandelte Mist hatte also nur **3** %, der nicht mit Schwefelkohlenstoff behandelte dagegen **21** % Salpeter-Stickstoff reduziert.

3. Am 28. Juni, also nach Ablauf von weiteren 6 mal 24 Stunden, wurde in je 100 ccm Filtrat das Folgende gefunden:

bei Versuch a: 0.0133 g Salpeter-Stickstoff,
„ „ b: 0.0228 g „ .

Der mit Schwefelkohlenstoff behandelte Mist hatte jetzt also **72** %, der nicht mit Schwefelkohlenstoff behandelte nur **50** % Salpeter-Stickstoff reduziert.

Das ist ein seltsames Resultat.

Der mit Schwefelkohlenstoff behandelte Mist wirkte während der ersten 2 Tage erheblich **langsamer,** während der weiter folgenden 6 Tage dagegen erheblich **schneller** salpeterzersetzend als der nicht mit Schwefelkohlenstoff behandelte.

Sollte man annehmen dürfen, dass der Schwefelkohlenstoff die in wirkungsfähiger Entwickelung vorhandenen Bakterien des Mistes getötet, die Sporen derselben aber nicht getötet, für diese vielmehr die Bedingungen zu schneller Entwickelung und energischer Wirkung hergestellt habe, so würde der Widerspruch sich lösen.

Dass es jedenfalls schwer gelingt, die salpeterzersetzende Kraft des Mistes durch Schwefelkohlenstoff vollkommen zu vernichten, zeigt der folgende Versuch.

Versuch 2.

250 g frischen Pferdekotes wurden in eine Flasche gebracht, mit 200 ccm Schwefelkohlenstoff übergossen und 6 Tage dicht verschlossen stehen gelassen.

Nach Ablauf dieser Zeit wurde die Flasche geöffnet, der Inhalt in eine Porzellanschale geschüttet und gemischt. 50 g desselben wurden in einen Erlenmayerkolben gebracht und 4 Stunden lang im Wasserbade auf 60—65° C erwärmt, um allen Schwefelkohlenstoff dadurch zu entfernen. Nachdem dies geschehen, wurde die Mistprobe mit 800 ccm Salpeterlösung übergossen in welcher 0.4 g Stickstoff enthalten waren. Der mit Watte verschlossene Kolben wurde bei mittlerer Zimmertemperatur stehen gelassen.

In genau der gleichen Weise, nur unter Ausschluss von Schwefelkohlenstoff, wurden andere 250 g des gleichen Pferdekotes behandelt und 50 g desselben zu dem gleichen Denitrifizierungsversuch verwendet.

Die Resultate waren die folgenden:

Der nicht mit Schwefelkohlenstoff behandelte Pferdekot hatte nach Ablauf von 4 Tagen 56 % Salpeter-Stickstoff zersetzt und nach Ablauf von weiteren 3 Tagen war kein Salpeter-Stickstoff mehr nachzuweisen.

Der mit Schwefelkohlenstoff behandelte Pferdekot hatte nach Ablauf von 4 Tagen noch keine nachweisbare Menge von Salpeter-Stickstoff zersetzt. Erst nach Ablauf weiterer 3 Tage begann eine schwache Salpeterzersetzung, die aber so langsam vorschritt, dass

nach 14 Tagen (vom Beginn des Versuchs an gerechnet) erst 12 %,
„ 25 „ („ „ „ „ „ „) „ 19 „

des Salpeter-Stickstoffs zersetzt waren.

Dieser Versuch ergiebt, dass die 6tägige Behandlung mit Schwefelkohlenstoff genügt hatte, die salpeterzersetzende Kraft des Pferdekots stark herabzudrücken, er zeigt aber auch zugleich, dass sie trotz so langer Behandlung allmählich wieder erwachte und nach Ablauf von 25 Tagen schon 19 % des Salpeter-Stickstoffs zersetzt hatte.

Diese Andeutungen werden vielleicht genügen, um das Interesse der Bakteriologen auf diesen Gegenstand zu lenken

und sie zu dem Versuch zu veranlassen, weitere Klarheit in diese Frage zu bringen.

Ich verwahre mich entschieden dagegen, aus unseren Versuchen irgend einen Erklärungsgrund für die oben mitgeteilten Wirkungen des Schwefelkohlenstoffs ableiten zu wollen. Was ich angedeutet habe, soll nur dazu dienen, die Richtung zu bezeichnen, in welche man die Forschung lenken könnte.

Für unseren vorliegenden Zweck ist die Schwefelkohlenstofffrage erledigt. Unsere Versuche haben gezeigt, dass es praktisch nicht gelingt, die salpeterzersetzenden Bakterien des Mistes durch Behandlung mit Schwefelkohlenstoff zu töten.

Mit diesem Resultat unserer Arbeiten haben wir uns hier zu begnügen, wenn wir nicht auf Abwege geraten wollen, und wir haben nun weiter nach sonst etwa anwendbaren Mitteln zu suchen.

Gips, Superphosphatgips und Kainit haben wir bei unseren früheren Arbeiten bereits als unbrauchbar erkannt. Auch der Schwefelkohlenstoff ist, wie wir jetzt gesehen haben, ausgeschlossen. Vom gebrannten Kalk darf man, wie unsere früheren Forschungen ja schon ergeben haben, ebenfalls wenig hoffen, doch mag er noch einmal ins Auge gefasst werden.

Sodann schien es uns empfehlenswert, die Schwefelsäure, deren tötende Wirkung auf Bakterien ja bekannt ist, zu prüfen, ob sie für den vorliegenden Zweck praktisch verwendbar sein könnte, und endlich glaubten wir, auch das schwefelsaure Kupferoxyd in den Kreis der Untersuchungen ziehen zu sollen. Kupfervitriol findet ja zur Tötung der Brandsporen bereits Anwendung in der Landwirtschaft, und die ungemein günstigen Erfolge, welche die Weinbauern durch das Bespritzen ihrer Reben mit „Kupfer-Kalk-Brühe“ erzielen, eine Massnahme, durch welche jährlich nicht weniger als bis zu 100 Pfd. Kupfervitriol auf den Hektar gebracht wird, ohne dass eine andere Wirkung als eine die Pflanzenvegetation begünstigende beobachtet worden ist, lässt uns an die Möglichkeit glauben, dass auch zur Tötung der salpeterzersetzenden Stallmistbakterien der Kupfervitriol praktisch verwendet werden könnte.

Wir führten die folgenden Versuche aus:

Versuchsreihe XIII.

Je 1.8 kg frischen Pferdekotes wurden mit

1. 200 ccm Wasser,
2. 200 „ $2^1/_2$ %iger Kupfervitriollösung,
3. 200 „ 5 „ „
4. 200 „ $7^1/_2$ „ „
5. 200 „ 10 „ „

sorgfältig vermischt, in einen Glascylinder gebracht, mit einer Glasplatte bedeckt und zur Seite gestellt.

Von 5 zu 5 Tagen wurde jeder Cylinder in eine Porzellanschale entleert, der Inhalt gemischt, 300 g desselben in eine Flasche gebracht, mit 4 l Wasser übergossen, die 2 g Salpeterstickstoff enthielten, und bei niedriger Zimmertemperatur stehen gelassen.

An jedem Tage (später alle 3 bis 5 bis 10 Tage) wurde mit Diphenylamin geprüft, ob noch Salpeter-Stickstoff vorhanden war.

Wir erhielten dabei die folgenden Ergebnisse:

Versuchsreihe XIII.

Mischung von Pferdekot mit Kupfervitriol.	Mischung nicht gelagert. Der Salpet. war zersetzt nach Tagen	Mischung 5 Tage gelagert. Der Salpet. war zersetzt nach Tagen	Mischung 10 Tage gelagert. Der Salpet. war zersetzt nach Tagen	Mischung 15 Tage gelagert. Der Salpet. war zersetzt nach Tagen	Mischung 20 Tage gelagert. Der Salpet. war zersetzt nach Tagen
1. Pferdekot ohne Kupfervitriol	5	15	27	50	108
2. „ + 0.25 % „	10	25	36	105	180
3. „ + 0.50 „ „	10	42	63	255	345
4. „ + 0.75 „ „	12	60	218	Nach Ablauf von 365 Tagen zeigten die Mischungen noch deutliche Reaktion auf Salpeter-Stickst.	
5. „ + 1.00 „ „	15	86	293		

Die Zahlen ergeben, dass der Kupfervitriol von energischer Einwirkung auf die Kotbakterien ist. Durch einen Zusatz von $^1/_2$ % Kupfervitriol und darauf erfolgte dreiwöchige Lagerung gelang es, die salpeterzersetzende Kraft des frischen Pferdekotes dermassen zu vermindern, dass die Salpeterzersetzung erst nach Ablauf eines ganzen Jahres erfolgt war, während dieselbe unter Einwirkung frischen und nicht mit Kupfervitriol versetzten Pferdekotes und unter sonst gleichen Verhältnissen schon nach Ablauf von 5 Tagen beendet war.

Bei diesen Versuchen waren 300 g Mist (à 0.5 % = 1.5 g Kupfervitriol enthaltend) mit 4 l Salpeterlösung übergossen worden. Dadurch war eine starke Verdünnung der Kupferlösung entstanden, und es musste als wahrscheinlich angenommen werden, dass schon ein erheblich geringerer Kupferzusatz sich als wirksam erweisen werde, wenn man eine weniger verdünnte Salpeterlösung mit dem Kot zusammenbrachte.

Um dies und zugleich die Wirkung von Schwefelsäure und Kalk zu prüfen, stellten wir die folgenden Versuche an.

Versuchsreihe XIV.

Je 10 g frischen Pferdekotes wurden in Kochfläschchen von 150 ccm Inhalt gebracht, mit 50 ccm Salpeterlösung übergossen, welche 0.05 g Stickstoff enthielten, und mit Kupfervitriol, bezw. Schwefelsäure, bezw. gebranntem Kalk versetzt. Die betreffenden Mengen der Zusätze sind in der hier angeschlossenen Tabelle verzeichnet. Die Kochfläschchen stellten wir in einen Thermostaten von 32° C. und prüften täglich den Inhalt derselben auf Salpetersäure.

Versuchsreihe XIV.

10 g frischen Pferdekotes + 50 ccm Wasser, enthaltend 0.05 g Stickstoff in Form von salpeters. Natron, wurden vermischt mit	Der zugefügte Salpeter-Stickstoff war vollständig verschwunden nach Tagen
ohne Zusatz	$1^1/_2$
0.01 g Kupfervitriol	4
0.02 „ „	15
0.03 „ „	23
0.04 „ „	63
0.05 „ „	63
0.2 g SO_3	nach Ablauf von 220 Tagen trat noch deutliche Salpeterreaktion ein.
0.4 „ „	
0.6 „ „	
0.25 g Kalk	3
0.375 „ „	5
0.5 „ „	4
0.625 „ „	7
0.75 „ „	9

Die Tabelle ergiebt das Folgende:

Unter der günstigen Temperatur des Thermostaten (32° C.) hatte der unversetzte Pferdekot schon nach Ablauf von 36 Stunden sämtlichen Salpeter-Stickstoff zersetzt. Zusätze von Kalk hatten die Zersetzung um einige Tage verzögert, aber selbst ein Zusatz von $1^1/_2$% Kalk war nicht imstande gewesen, die Zersetzung um mehr als um acht Tage zu verzögern.

Als erheblich wirksamer hatte sich der Kupfervitriol erwiesen. Ein Zusatz von 0.1% Kupfervitriol hatte hingereicht, die Zersetzungsdauer des Salpeter-Stickstoffs auf nicht weniger als 2 Monate zu verzögern.

Auch die Schwefelsäure hatte energisch gewirkt. Ein Zusatz von 0.4% SO_3 hatte genügt, die salpeterzersetzende Kraft des Pferdekotes so sehr zu vermindern, dass selbst nach 220 Tagen noch eine deutliche Salpeterreaktion eintrat.

Aber dies letztere Resultat konnte nicht als Regel gelten. Wir hatten gefunden, dass der bei der Versuchsreihe XIV verwendete Pferdekot, der ganz frisch aufgefangen war, neutral reagierte. Schon ein geringer Säurezusatz brachte eine deutlich saure Reaktion hervor. Eine neutrale Reaktion des Tierkotes aber kommt nur selten vor. In der Regel reagiert er alkalisch, und es bleibt zu prüfen, wieviel Schwefelsäure über den Sättigungsgrad hinaus, also als freie Säure vorhanden sein muss, um die salpeterzersetzende Kraft des Kotes zu zerstören.

Dies veranlasste uns zur Ausführung der folgenden Versuchsreihe.

Versuchsreihe XV.

Frischer Pferdekot von alkalischer Reaktion diente zu diesen Versuchen. Je 300 g desselben wurden mit 4 Liter Salpeterlösung übergossen, in welchen 2 g Stickstoff enthalten waren. Dieser Mischung wurden die folgenden Schwefelsäuremengen beigefügt:

1. keine Schwefelsäure,
2. soviel Schwefelsäure, als zur Herstellung einer neutralen Reaktion der 300 g Kot erforderlich war,
3. soviel Schwefelsäure, als zur Herstellung einer neutralen Reaktion der 300 g Kot erforderlich war, und ausserdem soviel, dass die Mischung enthielt:
   - 0.1% freie SO_3,
4. 0.2 „ „ „
5. 0.3 „ „ „
6. 0.4 „ „ „
7. 0.5 „ „ „

Zur Neutralisation der 300 g Pferdekot waren 2.4 g SO_3 erforderlich.

Die Mischungen wurden bei niederer Zimmertemperatur (12—14° C.) stehen gelassen, und nach Ablauf von 10, 20, 40, 80 und 160 Tagen wurde der Gehalt an Salpeter-Stickstoff ermittelt.

Die Resultate sind in der Tabelle auf Seite 356 zusammengestellt.

Die Resultate dieser Versuche geben ein deutliches Bild. Sie zeigen, dass der bis zur neutralen Reaktion mit Schwefelsäure versetzte Kot den salpeterzersetzenden Bakterien kein günstiges Medium für ihre Entwickelung bezw. ihre Wirksamkeit geboten hat. Der Salpeter-Stickstoff zersetzte sich während der ersten 20 Tage nur sehr langsam. Während der nicht mit Säure versetzte Kot nach Ablauf von 20 Tagen schon **95** % des Salpeter-Stickstoffs zersetzt hatte, war es dem mit Schwefelsäure neutralisierten Kot unter den gleichen Verhältnissen und während der gleichen Dauer nicht möglich gewesen, mehr als **6** % des Salpeter-Stickstoffs zu reduzieren. Nach dieser Zeit aber zeigte sich, dass die neutrale Reaktion dieser Mischung in eine von Tag zu Tag stärker auftretende alkalische sich verwandelte und dementsprechend auch die salpeterzersetzende Wirkung sich steigerte, so dass nach wiederum 20 Tagen die Salpeterzersetzung von 6 % auf **85** % gestiegen und zwei Tage später kein Salpeter-Stickstoff mehr nachzuweisen war.

Die Ergebnisse der weiteren Versuche stehen hiermit im Einklang. Sie zeigen, dass schon ein geringer Überschuss von Säure (schon 0.1 % SO_3) hinreicht, um die Wirkung der Bakterien vollends aufzuheben, denn selbst nach Ablauf von 160 Tagen war in dem Gemenge, welches nur 0.1 % SO_3 enthielt, noch sämtlicher Salpeter-Stickstoff in unzersetzter Form vorhanden.

Überblicken wir unsere bisherigen Forschungen, so dürfen wir eine zuverlässige Grundlage für die weitere Forschung als erreicht erachten. Wir haben festgestellt, dass wir um die Stickstoffkonservierung des aus Kot und Streu bestehenden Gemenges nicht besorgt zu sein brauchen, denn während der in der Praxis vorkommenden Aufbewahrungsdauer des Mistes geht nur wenig vom Kot- und Streu-Stickstoff verloren. Es handelt sich lediglich um die Aufgabe, den **Harn**-Stickstoff zu konservieren,

Versuchsreihe XV.

Nummer	Je 300 g Pferdekot mit 4 l Salpeterlösung (2 g Stickstoff enthaltend) übergossen und zugefügt g SO_3	Die Mischung enthielt freie SO_3	I. Prüfung bei Beginn des Versuchs.			II. Prüfung nach 10 Tagen.			III. Prüfung nach 20 Tagen.			IV. Prüfung nach 40 Tagen.			V. Prüfung nach 80 Tagen.			VI. Prüfung nach 160 Tagen.			Ende der Denitrifikation. Anzahl der Tage
			Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Ammoniak-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Der in 100 ccm Filtrat enthaltene Salpeter-N entspricht ccm $^1/_4$ norm. NaOH	Von je 100 Teilen Salpeter-N sind wiedergefunden worden Teile	
1.	0.0	0 Reaktion alkalisch	0.85	13.5	**100**	0.9	5.7	**42**	1.1	0.7	**5**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24
2.	2.4	0 Reaktion neutral	0.85	13.5	**100**	0.8	13.15	**97**	0.9	12.7	**94**	1.6	2.0	**15**	—	—	—	—	—	—	42
3.	6.4	0.1 %	0.8	13.3	**100**	0.8	13.1	**98**	0.75	13.4	**101**	0.8	13.6	**102**	0.8	13.4	**101**	1.15	13.1	**98**	—
4.	10.4	0.2 „	0.8	13.4	**100**	0.8	13.1	**98**	0.6	13.6	**101**	0.8	13.5	**101**	0.8	13.4	**100**	0.9	13.2	**99**	—
5.	14.4	0.3 „	0.8	13.35	**100**	0.8	13.1	**98**	0.6	13.3	**100**	0.8	13.6	**102**	0.8	13.4	**100**	1.05	13.3	**100**	—
6.	18.4	0.4 „	0.8	13.2	**100**	0.8	13.3	**101**	0.7	13.3	**101**	0.8	13.55	**103**	0.8	13.5	**102**	1.2	13.3	**101**	—
7.	22.4	0.5 „	0.85	13.3	**100**	0.8	13.2	**99**	0.75	13.3	**100**	0.8	13.5	**102**	0.8	13.4	**101**	1.0	13.3	**100**	—

von welchem wir gesehen haben, dass er äusserst schnell und vollständig in Ammoniak-Stickstoff übergeht.

Dem Gemenge von Kot und Stroh aber ist, wie wir nachgewiesen, eine sehr energische salpeterzersetzende Kraft eigen, die auf der Thätigkeit von Bakterien beruht, und da diese bei den Zersetzungsvorgängen im Stallmist bezw. bei dem Verlust an Harn-Stickstoff eine wesentliche Rolle zu spielen scheint, so haben wir zunächst nach Mitteln gesucht, die salpeterzersetzende Kraft des Kots bezw. des aus Kot und Streu bestehenden Gemenges zu zerstören.

Mit der bei längerem Lagern des Mistes eintretenden Humifizierung desselben, welche durch Luftzutritt, Umschaufeln des Mistes, wesentlich beschleunigt werden kann, vermindert sich die salpeterzersetzende Kraft. Unsere Versuche aber haben gezeigt, dass selbst durch weitgehende Humifizierung der Mistsubstanz ein für die praktischen Forderungen ausreichender Grad der Verminderung der salpeterzersetzenden Kraft nicht erzielt werden kann.

Wir haben daher nach weiteren Mitteln gesucht und haben gefunden, dass eine Behandlung des Mistes mit Schwefelkohlenstoff zu keinem befriedigenden Resultat führte, haben gefunden, dass auch die üblichen Konservierungsmittel: Gips, Superphosphatgips und Kainit in dieser Richtung unbrauchbar sind, auch der gebrannte Kalk keine befriedigende Wirkung ausübt, dass aber Zusätze von Kupfervitriol oder Schwefelsäure in sehr energischer Weise die salpeterzersetzende Kraft des Kots aufheben. Ob und in welcher Weise es nun praktisch möglich sein wird, die letztgenannten Mittel zur Konservierung des Stallmist-Stickstoffs in Anwendung zu bringen, ist selbstverständlich eine noch gänzlich offene Frage. Ich hebe ausdrücklich hervor, dass wir durch unsere bisherigen Arbeiten nichts erreicht haben wollen, als einen bestimmten Ausgangspunkt für weitere Forschungen, über deren Verlauf ich im Abschnitt II in kurzem berichten werde.

Als Abschluss dieser Mitteilungen lasse ich hier eine Zusammenstellung der Hauptergebnisse unserer Arbeiten folgen.

1. Die Ausnutzung des Stallmiststickstoffs ist erheblich geringer als die des Ammoniak- und Salpeterstickstoffs, auch geringer als die des Stickstoffs in grüner Pflanzensubstanz.

2. Der im Tierkot und in der Streu enthaltene Stickstoff wirkt sehr langsam; er geht zum weitaus grössten Teil in den aus der organischen Substanz entstehenden Humus über, und wandelt sich äusserst langsam um in Ammoniak und Salpetersäure.

3. Der im Harn enthaltene Stickstoff geht sehr schnell, bei mittlerer Zimmerwärme schon in 48 Stunden, in Ammoniak über. Zusatz von Kot und Getreidestroh beschleunigen wesentlich die Ammoniakgärung.

4. Der im Harn enthaltene Stickstoff ist bezüglich seiner Schnellwirksamkeit und seiner Ausnutzungsfähigkeit gleich dem des Ammoniakstickstoffs zu setzen.

5. Düngt man mit reichlichen Mengen frischen Tierkotes und sät man unmittelbar nach der Düngung schnellwachsende Pflanzen ein, so kann infolge der Kotdüngung eine Verminderung des Ertrages stattfinden.

6. Die nach Kotdüngung eintretende Ertragsverminderung beruht auf einer durch den Kot bewirkten Entbindung von Stickstoff, welche da zu beobachten ist, wo wirksamer Stickstoff (Bodenstickstoff, Harnstickstoff, Gründüngerstickstoff, Ammoniakstickstoff und Salpeterstickstoff) den Pflanzen zur Verfügung steht.

7. Die durch den Kot bewirkte Entbindung von Stickstoff ist auf salpeterzersetzende Bakterien zurückzuführen, welche im Tierkot, besonders im Pferdekot in reichlicher Menge sich finden.

8. Salpeterzersetzende Wirkung ist nicht nur dem frischen Tierkot, sondern auch dem Stallmist eigen.

9. Wenn etwa 100 g Pferdekot mit 1 l Wasser und 3 g salpetersaurem Natron vermischt und einer mittleren Zimmerwärme ausgesetzt werden, so ist nach etwa 8—14 Tagen sämtlicher Salpeterstickstoff zu freiem Stickstoff entbunden.

10. Eine Stickstoffentbindung, wenngleich eine äusserst langsame, findet auch dann statt, wenn humushaltige Acker- oder Gartenerde auf Salpeterlösung wirkt.

11. Eine Stickstoffentbindung, wenngleich eine äusserst langsame, findet auch dann statt, wenn Getreidestroh auf Salpeterlösung wirkt.

12. Die salpeterzersetzende Kraft humushaltiger Erde und die salpeterzersetzende Kraft des Getreidestrohs wird in

sehr rapider Weise gesteigert, wenn Erde und Stroh im Gemenge auf eine Salpeterlösung wirken.

13. Auch die salpeterzersetzende Kraft des Tierkotes wird durch Zusatz von Getreidestroh sehr bedeutend gesteigert.

14. Während auf je 100 Teile Kot- und Streustickstoff der Rechnung nach im Mittel nicht weniger als 100 Teile Harnstickstoff in den Stallmist gelangen, finden sich in dem in der Praxis gewonnenen Stallmist auf je 100 Teile Kot- und Streustickstoff in der Regel nicht mehr als 25 bis 35, oft nur 10 Teile dem Harn entstammenden Stickstoffs.

Die Ursache hiervon ist in folgenden Momenten zu suchen:

a) Der Harn gelangt in vielen Wirtschaften nicht in ganzer Menge in den Mist, sondern fliesst zum Teil in die Jauchengrube.

b) Ein Teil des Harnstickstoffs geht durch Verflüchtigung von Ammoniak verloren.

c) Ein Teil des Harnstickstoffs geht durch Stickstoffentbindung, die durch Bakterien bewirkt wird, verloren.

15. Es ist Aufgabe der Stallmistkonservierung, Mittel und Wege zu finden, durch welche entweder

a) die Ammoniakgährung im Mist, oder

b) die Ammoniakverdunstung aus Harn und Mist, oder

c) die Thätigkeit der stickstoffentbindenden Bakterien verhindert wird.

16. Die Ammoniakbildung im Gemenge von Kot und Streu ist eine so langsame, dass sie für die praktischen Zwecke der Stallmistkonservierung nicht in Betracht kommt.

Kot und Streu sind nur insofern in die Fragen der Stallmistkonservierung hineinzuziehen, als sie auf die Zersetzungsprozesse des Harnstickstoffs und seiner Umsetzungsprodukte von Einfluss sind.

17. Lässt man ein Gemenge von Kot und Streu in etwa 80—100 cm hoher Schicht lagern, so finden selbst während 12monatiger Lagerung nur geringe Veränderungen in dem Gemenge statt, sobald die Masse in festgetretener Form bezw. unter möglichstem Luftabschluss lagert. Findet dagegen infolge von lockerer Lagerung oder infolge öfteren Umschaufelns der Masse Zutritt von atmosphärischer Luft statt, so treten Zersetzungs- und Umsetzungsprozesse auf, bei welchen unter Entbindung von Wärme eine Humifizierung der Mistsubstanz ein-

tritt, die bis zu einem Verlust von 50% der organischen Substanz führen kann. Die üblichen Konservierungsmittel (Gips, Superphosphat, Superphosphatgips, Kainit), auch der gebrannte Kalk, üben, wenn sie in üblicher Menge der Mistsubstanz beigemischt werden, keinen bemerkenswerten Einfluss auf den Humifizierungsprozess aus.

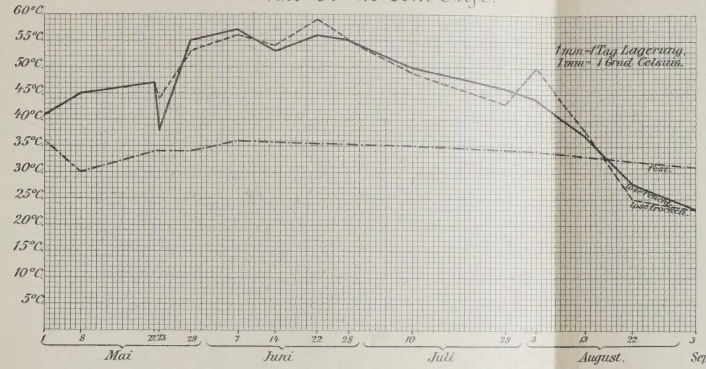
18. Mit dem Humifizierungsprozess des Mistes vermindert sich im gleichen Schritt die salpeterzersetzende Kraft der Mistsubstanz, aber es gelingt nicht, dieselbe selbst durch weitestgehende Humifizierung vollständig zu zerstören. Ist es auch wahrscheinlich, dass die in der Praxis beobachtete bessere Wirkung eines gut verrotteten, dunkel gefärbten Mistes im Vergleich zu der Wirkung frischen Mistes wesentlich auf die beim Verwitterungsprozess erfolgte Verminderung seiner salpeterzersetzenden Kraft zurückzuführen ist, so bietet eine künstlich herbeigeführte Beschleunigung der Humifizierung der Mistsubstanz doch keinen praktisch zu befolgenden Weg zur Konservierung des Stallmistes.

19. Zusätze der üblichen obengenannten Konservierungsmittel in üblichen Mengen haben auf die beim Humifizierungsprozess der Mistsubstanz erfolgende Abnahme der salpeterzersetzenden Kraft keinen bemerkenswerten Einfluss. Nur bei langer Lagerung und tiefgreifender Humifizierung des Mistes konnte konstatiert werden, dass Gips, Superphosphatgips und Kainit konservierend auf die salpeterzersetzende Kraft der Mistsubstanz gewirkt hatten, während bei Zusatz von gebranntem Kalk eine Verminderung der salpeterzersetzenden Kraft eingetreten war.

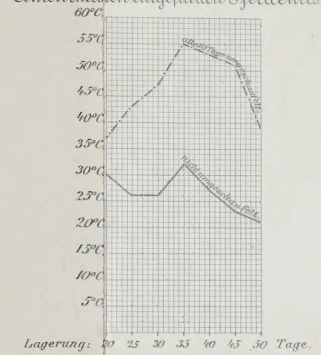
20. Durch geeignete Behandlung der Mistsubstanz mit Schwefelkohlenstoff ist es möglich, die salpeterzersetzende Kraft derselben auf ein Minimum zu reduzieren. Die erforderliche Menge des Schwefelkohlenstoffs und die erforderliche Dauer seiner Einwirkung aber lassen dies Mittel für die Praxis der Stallmistkonservierung als bedeutungslos erscheinen.

21. Freie Schwefelsäure einerseits und schwefelsaures Kupferoxyd andererseits sind Mittel, durch welche der Thätigkeit der Stallmistbakterien energisch entgegengewirkt werden kann, und es bleibt zu prüfen, ob diese Mittel in der Praxis der Stallmistkonservierung erfolgreiche Verwendung finden können.

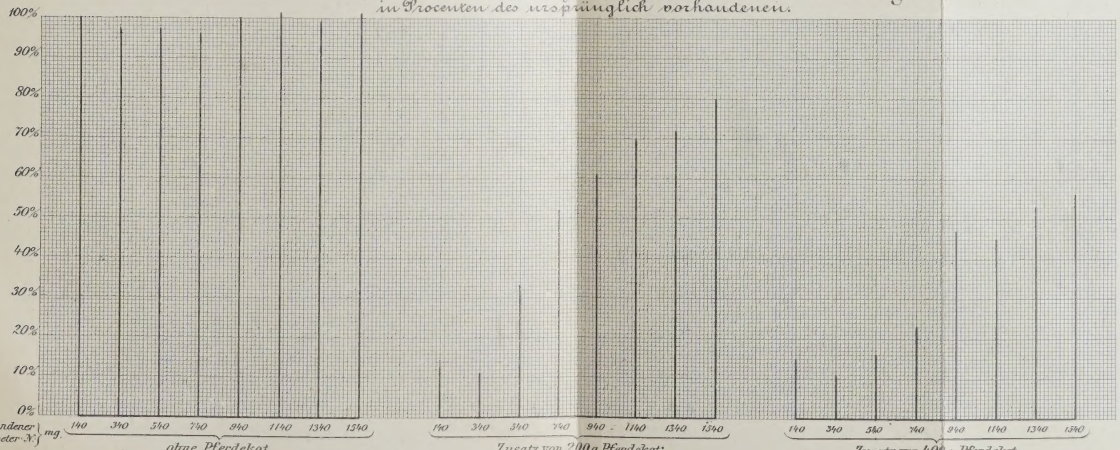
Graphische Darstellung
der Temperaturmessungen des Pferdemistes ohne Conservirungsmittel bei 30–40 cm Tiefe.



Graphische Darstellung
der Temperaturmessungen des am 19 Dec. 1894 in Cementkästen eingefüllten Pferdemistes.



Graphische Darstellung
des durch Auswaschen wiedergefundenen Salpeter-Stickstoffs in Procenten des ursprünglich vorhandenen.

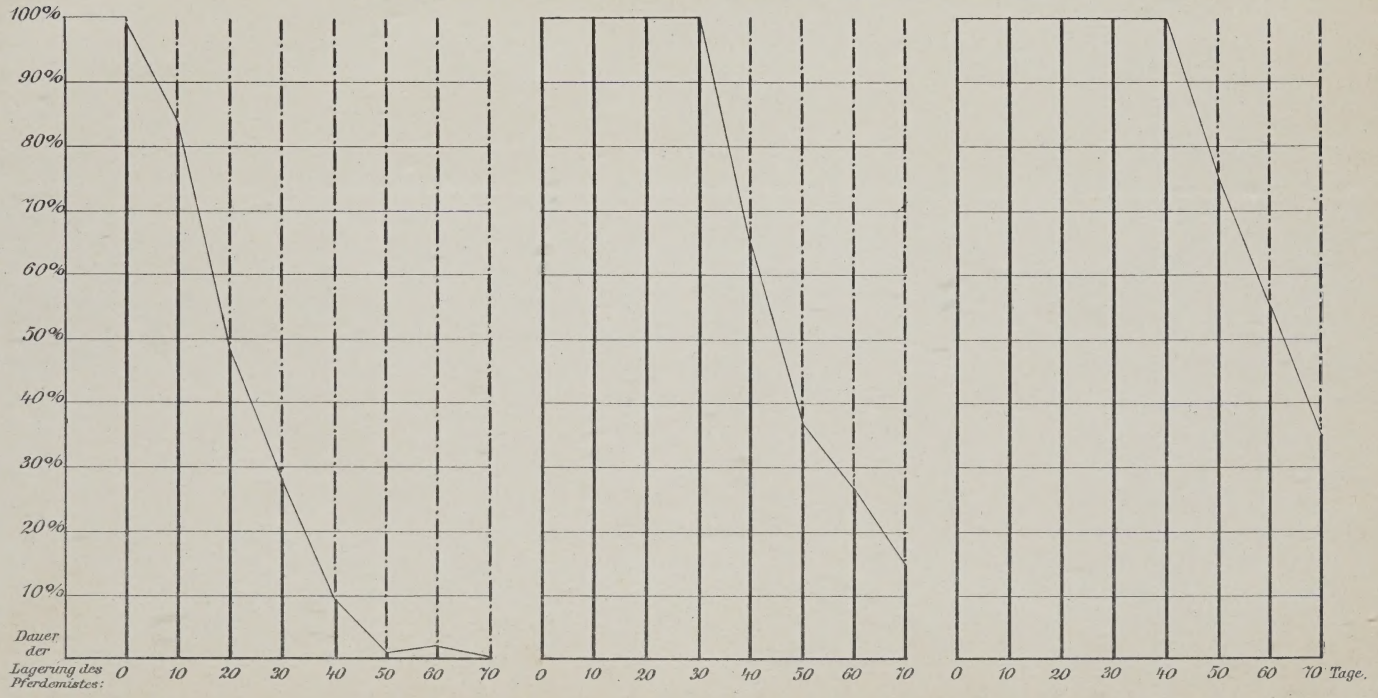


Verlagsbuchhandlung Paul Parey in Berlin S.W. Hedemannstrasse 10.

Stickstoff

nach 10 Tagen nach 40 Tagen nach 80 Tagen.

reducirt ——— nicht reducirt -.-.-.-



Verlagsbuchhandlung Paul Parey in Berlin S.W. Hedemannstrasse 10.